

Die Bedeutung von klassischen Elementen in virtueller Architektur

Untersucht am Beispiel der Wand



Dissertation eingereicht an der Bauhaus-Universität Weimar 2004

Patrick Jakob

Die Bedeutung von klassischen Elementen in virtueller Architektur

Untersucht am Beispiel der Wand

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

eingereicht an der Bauhaus-Universität Weimar,
Fakultät Architektur

von Dipl.-Ing. Architekt Patrick Jakob
geb. am 29.12.1971

Weimar, Januar 2004

Tag der Disputation
9. Juni 2005

Gutachter

1. Prof. Dr.-Ing. Dirk Donath
2. Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schmitt
3. Prof. Dr.-Ing. Gerd Zimmermann

DANKSAGUNG

In erster Linie möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Dirk Donath bedanken, ohne dessen Bereitschaft als Mentor zur Verfügung zu stehen, diese Arbeit nicht hätte entstehen können. In den letzten vier Jahren wurden durch seine fachliche Betreuung und den konstruktiven Austausch immer wieder wichtige Impulse gegeben, die in die Bearbeitung mit eingeflossen sind. Dafür meinen besonderen Dank.

Für die Unterstützung des empirischen Teils sei ausdrücklich Herrn Oliver Lauterbach gedankt. In zahlreichen Diskussionen wurden durch ihn neue Aspekte aufgezeigt, die diesem Teil der Arbeit die notwendige Stringenz verliehen haben.

In diesem Zusammenhang gilt mein Dank Herrn Dipl.-Ing. Jakob Beetz, durch dessen Hilfe die technische Umsetzung der Experimente ermöglicht wurde.

Außerdem möchte ich mich bei allen Versuchsteilnehmern bedanken, die hoch motiviert bei der Durchführung der Experimente mitgewirkt haben.

Für die orthographische Durchsicht des Textes bedanke ich mich bei Herrn Friedel Washausen.

Zuletzt sei all jenen Menschen gedankt, die an dieser Stelle nicht namentlich genannt worden sind, mich aber während der letzten Jahre persönlich und fachlich unterstützt und damit zur Erstellung dieser Arbeit beigetragen haben.

INHALTSVERZEICHNIS

Danksagung.....	1
Inhaltsverzeichnis.....	2
Thesen.....	5
1 Anliegen der Arbeit.....	8
1.1 Eingliederung der Arbeit in das Forschungsumfeld der Professur Informatik in der Architektur.....	10
1.2 Inhalt und Gliederung der Arbeit	12
2 Grundlagen der virtuellen Architektur.....	14
2.1 Einführung.....	14
2.2 Terminologie.....	15
2.3 Cyberspace/Virtuelle Realität.....	15
2.3.1 Eigenschaften der virtuellen Realität.....	17
2.3.2 Der Nutzer.....	18
2.3.3 Die virtuelle Umgebung.....	18
2.3.4 Virtuelle Architektur.....	19
2.3.4.1 Physische- und virtuelle Architektur.....	20
2.3.4.2 Beziehung von realer und virtueller Architektur.....	21
2.3.5 Erscheinungsformen der virtuellen Architektur.....	22
2.3.5.1 Informationsgesellschaft.....	23
2.3.5.2 Informationsarchitektur.....	23
2.3.5.3 Liquide Architektur.....	25
2.4 Technische Grundlagen.....	26
2.4.1 VR-Computer.....	28
2.4.2 Positionssensoren (Tracker)	28
2.4.3 Eingabegeräte.....	29
2.4.4 Ausgabegeräte.....	31
3 Die Wand als Grundelement der Architektur.....	34
3.1 Einfüh- rung.....	34
3.2 Die Fläche als Bestandteil des Raumes.....	35
3.2.1 Flächen als raumbildende Elemente.....	36
3.2.2 Der Umriß.....	36
3.2.3 Die Wand als Raumelement.....	37
3.2.4 Der formale-, instrumentale und funktionale Aspekt der Wand.....	37
3.2.5 Die funktionale Wirklichkeit der Wand.....	39
3.2.6 Die Wand als Bauelement des Gebäudes.....	39
3.3 Der Raum als Grundtypus der Architektur.....	40
3.3.1 Begriffsbestimmung.....	40
3.3.1.1 Raumfeld und Raumbehälter.....	41
3.4 Der architektonische Raum.....	42
3.4.1 Begriffsbestimmung.....	42
3.4.2 Raumbegrenzung.....	43
3.4.3 Abgrenzung.....	44
3.4.4 Umgrenzt-, zwischen-, bezogen sein.....	45
3.4.5 Mathematischer und gelebter Raum.....	46
3.4.6 Der Begriff der Leere.....	46

3.5	Die Raumbegriffe des architektonischen Raumes.....	47
3.5.1	Umwelt-Funktionsraum.....	50
3.5.2	Aktionsraum.....	50
3.5.2.1	Die Bewegung.....	51
3.5.2.2	Der Bewegungsvorgang.....	51
3.5.2.3	Bewegungslenkung durch einen Kanal.....	52
3.5.2.4	Die seitliche Fassung.....	53
3.5.2.5	Räume des Körpers.....	54
3.5.3	Darstellungsraum.....	55
3.5.4	Wahrnehmungsraum.....	57
3.5.4.1	Der visuelle Raum.....	57
3.5.4.2	Taktiler- und haptischer Raum.....	58
3.5.4.3	Verbindung visueller- und taktiler Raum.....	59
3.5.5	Erlebnisraum.....	61
3.5.5.1	Horizontale/Vertikale.....	62
3.5.5.2	Orientierung zur Schwerkraft.....	64
3.5.5.3	Raumkonstanz.....	64
3.5.6	Gliederungsraum.....	65
3.5.6.1	Konstruktive- und funktionelle Ordnung.....	65
3.5.6.2	Ordnung/Unordnung.....	67
3.5.7	Anschauungsraum.....	67
3.5.7.1	Das Innenräumliche als Prägnanzmerkmal des architektonischen Raumes.....	69
3.5.7.2	Geometrischer und gelebter Innenraum.....	70
3.5.8	Form und Raum.....	72
3.5.8.1	Architektonische Form/Architektonischer Raum.....	73
3.5.8.2	Form- Wand.....	74
3.5.8.3	Form-Gestalt/Form-Struktur.....	75
3.5.9	Körper und Raum.....	75
3.5.10	Raum und Öffnung/ Privater und öffentlicher Raum.....	77
3.5.11	Raumgefüge-Raumorganisation.....	80
4	Übertragung der Analyseergebnisse der Wand aus realer in virtuelle Architektur.....	81
4.1	Einführung.....	81
4.1.1	Die Wand.....	82
4.1.2	Der architektonische Raum.....	82
4.1.3	Darstellungsraum.....	84
4.1.4	Aktionsraum.....	84
4.1.5	Wahrnehmungsraum.....	85
4.1.6	Erlebnisraum.....	86
4.1.7	Anschauungsraum.....	87
4.1.8	Gliederungsraum.....	88
4.1.9	Form und Raum.....	89
4.1.10	Körper und Raum.....	90
4.1.11	Raum und Öffnung/Privater und öffentlicher Raum	90
4.2	Die Raumkategorien des architektonischen Raumes in virtueller Architektur.....	91

5	Empirische Untersuchungen.....	94
5.1	Einführung.....	94
5.2	Experiment Privater- und öffentlicher Raum.....	95
5.2.1	Untersuchungsgegenstand und Ziel.....	95
5.2.1.1	Hypothesen.....	95
5.2.2	Methode.....	96
5.2.2.1	Teilnehmer.....	96
5.2.2.2	Simulationsanlage und Ein- und Ausgabemedium.....	96
5.2.2.3	Design.....	98
5.2.2.4	Prozedur.....	101
5.2.2.5	Ergebnisse und Diskussion.....	102
5.3	Experiment Erlebnisraum.....	108
5.3.1	Untersuchungsgegenstand und Ziel.....	108
5.3.1.2	Hypothesen.....	110
5.3.2	Methode.....	111
5.3.2.1	Teilnehmer.....	111
5.3.2.2	System.....	111
5.3.2.3	Design.....	111
5.3.2.4	Prozedur.....	114
5.3.2.5	Ergebnisse und Diskussion.....	115
5.4	Experiment Aktionsraum.....	119
5.4.1	Untersuchungsgegenstand und Ziel.....	119
5.4.1.2	Hypothese.....	119
5.4.2	Methode.....	119
5.4.2.1	Teilnehmer.....	119
5.4.2.2	System.....	120
5.4.2.3	Design.....	120
5.4.2.4	Prozedur.....	123
5.4.2.5	Ergebnisse und Diskussion.....	123
6	Erkenntnis/Bewertung/Diskussion/Ausblick. 127	
6.1	Einführung.....	127
6.2	Das Potential der Immaterialität.....	129
6.3	Bedeutung der Materialität.....	130
6.4	Bedeutung der Vertikalität.....	132
6.5	Übersicht der Raumkategorien in virtueller Architektur. .	132
6.6	Der Nutzer als Gestaltkriterium.....	134
	Anhang A Literaturverzeichnis.....	137
	Anhang B Abbildungsverzeichnis.....	149
	Anhang C Curriculum Vitae.....	152
	Anhang D Veröffentlichungen.....	153
	Anhang E Eidesstattliche Erklärung.....	154
	Anhang F Fragebögen.....	155
	Anhang G Anmerkungsverzeichnis.....	178

THESEN

Umfeld

1. Durch die Technik der virtuellen Realität ist der klassisch-physische Raum um eine neue Form, den digital erfahrbaren Raum, erweitert worden. In ihm sind neue Freizeit- und Arbeitswelten entstanden, in denen der Mensch in der Lage ist, Erfahrungen zu sammeln, die sich außerhalb seiner natürlichen und künstlichen Umwelt befinden.
2. Neben der Gestaltung mit physischen Materialien steht dem Architekten eine neue Ebene, die der virtuellen Architektur zur Verfügung.
3. Virtuelle Architektur wird nach ihrem Verwendungszweck in virtuell-solide und virtuell-abstrakte Architektur unterschieden. Virtuell-solide Architektur simuliert die bauliche Umwelt. Virtuell-abstrakte Architektur ist ausschließlich für den Gebrauch in virtuellen Umgebungen konzipiert und kann nur in diesen erlebt werden.
4. Virtuelle Architektur ist gekennzeichnet durch veränderte Randbedingungen: Immaterialität, Orts- und Witterungsunabhängigkeit sowie das Fehlen physischer Gesetze, wodurch ihr ein Höchstmaß an Dynamik und Flexibilität verliehen wird.
5. Dem Element der Wand kommt eine besondere Bedeutung zu, da es in entscheidender Weise das Wesen der realen Architektur bestimmt.
6. Formal betrachtet handelt es sich beim Element der Wand in der realen Architektur um eine Oberfläche, die architektonischen Raum und Körper begrenzt. Unter instrumentalen Gesichtspunkten bleibt sie abstrakte Abgrenzung. Ihr wesentlicher Aspekt liegt in der funktionalen Bedeutung, da durch die Abgrenzung einzelne Areale errichtet werden, die die Durchführung von Tätigkeiten ermöglichen.
7. Vorrangig bildet die Wand im Zusammenspiel mit der physischen Begrenzung am (Fuß-) Boden und an der Decke, die wohl bekannteste Form des architektonischen Raumes. Bezogen auf den Untersuchungsgegenstand liegt eine seiner Besonderheiten in der Dreidimensionalität und in der Fähigkeit, Menschen zu beherbergen.
8. Der architektonische Raum lässt sich in (Raum-) Kategorien unterteilen, die einzelne Funktionen der Wand bzw. des Raumes beschreiben und im Hinblick auf die Bedeutungsuntersuchung der virtuellen Architektur von besonderer Wichtigkeit sind.

Methode

9. Anhand der Kategorie der Wand wird der Frage nachgegangen, inwieweit eine architektonische Strukturierung in virtueller Architektur fortzuführen ist, um Handlungsstrukturen zu übertragen.
10. Die formalen-, instrumentalen- und funktionalen Aspekte der Wand lassen sich aus der realen in die virtuelle Architektur übertragen.
11. Unter formalen Gesichtspunkten handelt es sich bei der virtuellen Wand um eine Oberfläche, die instrumental als Abgrenzung fungiert und deren funktionale Eigenschaft darin besteht, einzelne Areale d.h. Nutzungs- und Aufenthaltsbereiche zu errichten.
12. Die Wand der virtuellen Architektur ist raumbildendes, abgrenzendes und nutzungsareal-definierendes Element. Dadurch entsteht virtueller architektonischer Raum, der für den Nutzer erfahrbar wird und ihm eine Kommunikation in der virtuellen Umgebung ermöglicht.
13. Resultierend aus der im virtuellen Raum vorherrschenden Immaterialität werden an das Element der Wand und damit an den Raum in virtueller Architektur keine statischen Anforderungen gestellt, die ihm damit ein Maß an Ungebundenheit und Flexibilität ermöglichen, welches in der Form in der realen Architektur nicht vorhanden ist.
14. In virtueller Architektur entsteht ein elektronischer Kommunikationsraum, dessen Potential darin besteht, daß durch dreidimensionale Strukturen ein direkter Austausch komplexer Informationen möglich ist.
15. Das Verhältnis von Innen- und Außenraum muß in virtueller Architektur als instabil angesehen werden, da sich durch die Immaterialität der Wandelemente der Innenraum jederzeit verändern kann.
16. Aufgrund der Immaterialität der Wandelemente in virtueller Architektur und die mit ihr verbundene Flexibilität des Raumes ergeben sich direkte Auswirkungen auf den Außenraum. Diverse Baukörper können in der virtuellen Architektur zur gleichen Zeit an demselben Ort platziert werden.
17. Die Immaterialität der virtuellen Architektur beschränkt die Raumwahrnehmung zunächst vordergründig auf das Visuelle. Wird der Raum, wie in der realen Architektur, durch alle Sinne wahrgenommen, ist vor allem das Ansprechen der haptischen Sinne in virtueller Architektur mit einem sehr hohen technischen Aufwand verbunden.
18. Die Konvention der Wand in virtueller Architektur zu definieren, erfolgt in Form von Experimenten. Mit Hilfe dieser Experimente ist es möglich, die vorangegangene Fragestellung zu beantworten.

Erkenntnisse

19. Die Experimente bestätigen, daß die materiellen Erfahrungen des Nutzers mit dem Element der Wand als Schutz vor visuellen und persönlichen Kontakten sowie die Beeinflussung der Gehrichtung aus der realen in die virtuelle Architektur übertragen werden.
20. Das Experiment zum privaten Raum zeigt, daß die virtuelle Wand als Teil eines geschlossenen Raumes einen Bereich definieren kann, der den Charakter eines Rückzugsbereichs mit Geborgenheitsfunktion besitzt.
21. Das Experiment zum Aktionsraum belegt, daß die Gestaltung der Wandoberflächen einen entscheidenden Einfluß auf die Bewegungslenkung des Nutzers in virtueller Architektur ausübt. Je realistischer die Darstellung der Oberflächenstruktur der realen Architektur angenähert ist, desto stärker ist der Eindruck der Materialität beim Nutzer.
22. Das Experiment zum Erlebnisraum bestätigt, daß die Simulation von Schwerkraft in Form orthogonaler Strukturen nachweislich einen Einfluß auf die Orientierungsfähigkeit des Nutzers in virtueller Architektur ausübt.
23. Für die Gestaltung der virtuellen Architektur ist der Nutzer und sein Grad der Interaktivität mit der virtuellen Umgebung als maßgebendes Kriterium zu beachten. Die sensorischen Fähigkeiten und physiologischen wie psychologischen Konditionierungen des Nutzers bilden den wesentlichen Konzeptionsmaßstab für die virtuelle Architektur.
24. Die Übernahme realweltlicher Aspekte ist für die Gestaltung virtueller Architekturen von erheblicher Bedeutung, da beim Menschen kein Sinn für das Empfinden von virtuellen Umgebungen und Telepräsenz konditioniert worden ist. Durch das Aufwachsen in der realen Architektur werden Beziehungen und Hierarchien hergestellt und im menschlichen Bewußtsein verankert, die sich in virtueller Architektur wiederfinden müssen.
25. Bei der Gestaltung der virtuellen Architektur muß nach einer sinnvollen Synthese zwischen den Möglichkeiten des virtuellen Raumes und der Konditionierungsgrenze des Nutzers gesucht werden. Die Qualität der virtuellen Architektur, Informationen in einer frei veränderlichen Umgebung räumlich zu visualisieren, muß soweit ausgenutzt werden, wie es die Benutzbarkeit des Raumes und die Orientierungsfähigkeit des Nutzers zulassen.
26. Mit der Verbreitung und dem Ausbau elektronischer Kommunikationsräume und deren verstärkten Nutzung wird sich ein neues Raumverständnis herausbilden, daß im Laufe seiner Entwicklung keiner real-architektonischen Konventionen mehr bedarf. Der Weg dorthin kann aber nur über die reale Architektur führen.

1 ANLIEGEN DER ARBEIT

Den Großteil seines Lebens verbringt der Mensch in der gebauten Umwelt. Dabei hält er sich in seinen Arbeits- und Freizeitaktivitäten überwiegend in Räumen auf, die in der Regel mit den klassischen Begriffsvorstellungen des architektonischen Raumes in Verbindung stehen.

Durch die Technologie der virtuellen Realität ist zu dem klassisch-physischen Raum eine neue Form des Raumes hinzugekommen: der digital erfahrbare Raum. Neben Computerspielen und einem Internetzugang, die mittlerweile in fast jeden Haushalt Einzug gehalten haben, sind neue elektronische Freizeit- und Arbeitswelten entstanden. In diesen ist der Mensch in der Lage, Erfahrungen in räumlichen Strukturen zu sammeln, die sich außerhalb seiner natürlichen und künstlichen Umwelt befinden.

Der Großteil der künstlichen Umwelt wurde und wird durch Architektur gestaltet. Ihr formaler Charakter wird im wesentlichen durch das Vorherrschen von physischen Gesetzen, wie der Schwerkraft, und den materiellen Abhängigkeiten ihrer Elemente bestimmt.

Im Gegensatz zum realen verfügt der virtuelle Raum über keine „angeborenen“ Prinzipien. Daher wird in den unterschiedlichsten Disziplinen nach Kriterien für eine Gestaltung von virtuellen Umgebungen geforscht.¹ Gegenüber Computerwissenschaftlern und Programmierern sind Architekten für die Gestaltung von virtuellen Umgebungen besonders gut geeignet, da ein Großteil ihrer Ausbildung darin besteht, die Bedürfnisse und Wünsche eines zukünftigen Nutzers zu erforschen und dafür eine geeignete, räumliche Lösung zu entwickeln.

Das Berufsbild des Architekten erfährt in dem Sinne eine Erweiterung, daß ihm neben der Gestaltung mit physischen Materialien in der realen Architektur eine neue Ebene, die der virtuellen Architektur zu Verfügung steht. Der Gestalter dieser virtuellen Architekturen verlagert damit sein Betätigungsfeld in den virtuellen Raum und erweitert seine Berufsbezeichnung zum „Cyberarchitekten“.

Virtuelle Architektur realisiert dreidimensionale, computergenerierte Modelle in Raumstrukturen, die mit Hilfe von Virtual-Reality-Systemen erlebt werden.² Sie kann nach ihrem Verwendungszweck in virtuell-solide und virtuell-abstrakte Architektur unterschieden werden. Virtuell-solide Architektur wird dabei mit dem Ziel im virtuellen Raum konzipiert, um in der realen Architektur vergegenständlicht zu werden. Hierbei kann es sich um die Reduplikation einer nicht mehr vorhandenen oder die Vorwegnahme einer zu bauenden Architektur handeln. Ein Gebiet, auf dem virtuell-solide Architektur häufig eingesetzt wird, ist ein virtueller Rundgang durch ein zu erstellendes Gebäude, um einen ersten real-räumlichen Eindruck zu vermitteln. Dabei können erste Fehler behoben werden, die erst bei einer Begehung des Gebäudes im gebauten Zustand sichtbar geworden wären. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß Menschen mit dieser Form der virtuellen Architektur Gebäude „betreten“ und erleben können, die in der Architekturgeschichte eine große Bedeutung eingenommen haben und aufgrund von Zerstörung und Baufälligkeit nicht mehr zu betreten sind.

Im Gegensatz dazu ist virtuell-abstrakte Architektur ausschließlich für den Gebrauch in virtuellen Umgebungen konzipiert und kann auch nur in diesen erlebt werden. In ihr besteht das primäre Ziel der Gestaltung nicht darin, die Erscheinung von realer (solider) Architektur möglichst genau räumlich wiederzugeben und eine naturgetreue Illusion mit Hilfe der Technik der virtuellen Realität herzustellen, sondern abstrakte Informationen darzustellen, um diese integrierbar und erlebbar zu machen. Das Spektrum der virtuell-abstrakten Architekturen ist vielfältig und reicht von Umgebungen, die mit architektonischen Formen experimentieren bis zu elektronischen Kommunikationsräumen, die als neue Raumformen entstehen. Eine besondere Fähigkeit des Menschen besteht darin, räumliche Informationen aufzunehmen und diese zu verarbeiten. In der virtuell-abstrakten Architektur wird genau diese Fähigkeit angesprochen, da Daten für den Menschen in einer für ihn besser verständlichen Form visualisiert werden können. Das Konzept besteht darin, daß der Nutzer die virtuelle Architektur ohne spezifische oder formale Sprachkenntnisse erleben und sich damit innerhalb der Information bewegen kann. Diese Art der virtuellen Architektur wird in der Fachliteratur als Informationsarchitektur bezeichnet³ und ist Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit.

Die grundlegende Erfahrungswelt des Nutzers virtueller Architekturen besteht aus der realen Welt. Dabei bildet die reale (solide) Architektur einen dominierenden Bestandteil in der Wahrnehmung des Menschen. Durch die Konditionierung in der baulichen Umwelt wird die virtuelle Architektur einerseits durch Bedingungen bestimmt, die in der realen (soliden) Architektur herrschen. Darüber hinaus durch die erweiterten, bestehenden Bedingungen und letztlich durch nur im Medium der virtuellen Realität wirksamen Bedingungen. Der Gestalter virtuell-abstrakter Architekturen bedient sich der Metaphern der realen Welt und sieht sich aber zugleich mit einem Raum konfrontiert, der ihm ein Maß an Freiheit bei der Realisierung offeriert, das er so in der realen Architektur nicht vorfindet. Bei einem Gebäude in der virtuellen Architektur müssen keine statischen Gesetzmäßigkeiten oder Umwelteinflüsse berücksichtigt werden.

Das primäre Ziel dieser Arbeit besteht in der Definition einer Entsprechung der architektonischen Kategorie der Wand für virtuelle Architekturen. Es wird der Frage nachgegangen, inwieweit eine architektonische Strukturierung in der virtuellen Architektur fortzuführen ist, um Handlungs- und Kommunikationsstrukturen zu übertragen. Die virtuelle Architektur ist gekennzeichnet durch Immaterialität, Orts- und Witterungsunabhängigkeit sowie das Fehlen physischer Gesetze, welches ihr im ideellen Sinne ein Höchstmaß an Ungebundenheit und Flexibilität verleiht. Ein Raum kann seine formale Gestalt auf jeden Nutzer beliebig anpassen und sich in seinen Dimensionen oder Oberflächen beliebig verändern. Die einzelnen Elemente der virtuellen Architektur müssen keine statischen Bedingungen erfüllen und damit sind Konstruktionen möglich, die in der realen Architektur einen äußerst hohen technischen Aufwand benötigen oder gar nicht zu realisieren sind. Am architektonischen Element der Wand wird der Frage nachgegangen, in welchem Umfang diese Freiheit ausgenutzt werden kann und welche Bedingungen bzw. Funktionen aus der realen in virtuelle Architektur zu übertragen bzw. zu unterstützen sind. Dazu wird zunächst

das Element der Wand einer architekturtheoretischen Betrachtung unterzogen. Die Erkenntnisse werden anschließend in die virtuelle Architektur übertragen und mit Hilfe von Experimenten statistisch ausgewertet.

Die Dissertation richtet sich in erster Linie an Architekten, die an der Gestaltung von virtuellen Architekturen arbeiten. Darüber hinaus sollen aber auch Computerwissenschaftler und Programmierer angesprochen werden, um auf die Bedeutung architektonischer Elemente in virtuellen Umgebungen hinzuweisen und in diesem Zusammenhang die Rolle des Architekten im Gestaltungsprozeß zu verdeutlichen. Nicht zuletzt sollen sich mit der Arbeit auch Architekten angesprochen fühlen, die sich noch nicht mit der Gestaltung virtueller Architekturen beschäftigen. Ihnen soll die Sicht für eine Möglichkeit gegeben werden, um eventuell einen Teil ihrer Arbeit oder sogar ihr gesamtes Leistungsspektrum in den Cyberspace zu verlagern.

1.1 Eingliederung der Arbeit in das Forschungsumfeld der Professur Informatik in der Architektur

Während sich ein Großteil der Anwendungen im Bereich virtuelle Realität und Architektur auf die Simulation für einen virtuellen Rundgang (engl. walk-through) einer zu erstellenden oder nicht mehr vorhandenen Architektur beschränkt, wird seit 1995 im Rahmen der Forschung an der Professur Informatik in der Architektur (InfAR) auf dem Gebiet des Planens und Entwerfens unter Einbeziehung der Technik virtueller Realitäten geforscht.⁴

In einem modular aufgebautem Kursangebot werden seit 1995 Möglichkeiten, Tendenzen und Auswirkungen der Nutzung von Computern im architektonischen Kontext dargestellt.⁵ Durch eine systemübergreifende und experimentelle Auseinandersetzung mit der Theorie der „Pattern language“ von Christopher Alexander werden in dem Modul „Digital space“ Entwurfsprinzipien für virtuelle Umgebungen erarbeitet.

Virtuelle Architekturen als eigenständige Erscheinungsformen sind Gegenstand des Moduls „Boundary-debates-extensions“, welches die Entwicklung und den Einsatz von virtuellen Umgebungen im architektonischen Kontext untersucht. Anhand von studentischen Entwurfsaufgaben werden die neuen Möglichkeiten des digitalen Raumes sowie seine Grenzen aufgezeigt.

Ein wesentlicher Teil der Forschung konzentriert sich auf die Entwicklung von Prototypen, die das architektonische Entwerfen in virtuellen Umgebungen unterstützen. Erste Ansätze wurden im Zeitraum 1995 bis 1996 mit den Programmen „Vox-Desing“⁶, „Plane-Design“⁷ erarbeitet, welche als immersive VR-Werkzeuge die Anwendungsmöglichkeiten im freien Entwurf und die Formulierung architektonischer Ideen unterstützen.

Mit dem „Virtual Reality Aided Modeler“⁸ wurde 1998 ein voll-immersives Werkzeug entwickelt, welches eine unmittelbare Kombination von Arbeiten in virtuellen Umgebungen mit der Technik aus der CAAD-Arbeitswelt erlaubt.

Seit dem Jahr 2000 werden im Sonderforschungsbereich 524 durch die Professur InfAR Grundlagen zur Unterstützung der architektonischen Planungstätigkeit im Kontext zu bestehender Bausubstanz erarbeitet.⁹ Unter Verwendung der VR-Technik in Form von einer Überlagerung der virtuell erstellten Entwurfsskizze und eines aufgenommen Bauwerks (engl.: augmented reality) werden Systeme, Methoden und Prozesse aus Anwender- und informationstechnischer Sicht entwickelt.

Neben den Forschungsansätzen mit überwiegend experimentellem Charakter werden an der Professur InfAR auch kognitive, psychologische Aspekte für virtuelle Architekturen erarbeitet. In der Dissertation¹⁰ mit dem Titel „Faktoren für Präsenz in virtueller Architektur“ wurden Grundlagen ermittelt, die in entscheidender Weise das Anwesenheitsgefühl des Nutzers in virtuellen Architekturen beeinflussen.

In dieses Forschungsfeld ist die vorliegende Arbeit einzuordnen. Jedoch wird hier vom Ansatz einer architekturtheoretischen Betrachtung ausgegangen, die in Kombination mit evaluierten Experimenten in virtueller Architektur eine wissenschaftliche Basis schafft, um einen Beitrag im Rahmen der aktuellen Forschungsarbeit der Professur InfAR zu leisten.

1.2 Inhalt und Gliederung der Arbeit

Das Ziel dieser Dissertation besteht in der wissenschaftlichen Erarbeitung einer Entsprechung der architektonischen Kategorie der Wand in virtueller Architektur. Diesem Ziel folgend gliedert sich die Arbeit in folgende Kapitel:

Nach dem einführenden Abschnitt über das Anliegen der Arbeit vermittelt das zweite Kapitel zunächst die Grundlagen und Definitionen der Begriffe, die in einem direkten Zusammenhang mit der virtuellen Architektur gebraucht werden. Die Beziehung zwischen Cyberspace, virtueller Realität, dem Nutzer und der virtuellen Architektur wird aufgezeigt. Im Anschluß an die Definition der für dieses Forschungsgebiet gebräuchlichen Terminologie wird auf gebräuchliche Erscheinungsformen der virtuellen Architektur eingegangen und die für diese Arbeit zu untersuchende Form der Informationsarchitektur eingehend erläutert. Den Abschluß dieses Kapitels stellt ein komprimierter Abschnitt über die technischen Voraussetzungen der virtuellen Realität dar, um dem nicht beruflich mit diesem Thema vertrauten Leser eine Einordnung der in dieser Arbeit untersuchten Gegenstände zu ermöglichen.

Das dritte Kapitel konzentriert sich ausschließlich auf die reale Architektur. Am Element der Wand wird in einer analytischen und architekturtheoretischen Betrachtung ein Modell von Raumkategorien entwickelt. Ausgehend vom architektonischen Raum und seiner Funktion in der realen Architektur wird dieser anschließend in einzelne Raumkategorien aufgegliedert, die wiederum eine bestimmte Funktion der Wand bzw. des Raumes beschreiben. Die Ergebnisse münden in eine schematische Übersicht, welche die Arbeitsgrundlage für das vierte Kapitel darstellt.

Gegenstand des vierten Kapitels ist es, die gewonnenen Erkenntnisse der Analyse aus realer in virtuelle Architektur zu übertragen. Dazu wird jede Raumkategorie unter den Bedingungen der virtuellen Architektur betrachtet. In dieser vergleichenden Gegenüberstellung wird deutlich, daß bestimmte Kategorien und die damit verbundenen Funktionen der Wand aufgrund der veränderten Randbedingungen, wie Immaterialität und Schwerelosigkeit, zunächst nicht aus der realen Architektur in ihr virtuelles Pendant zu übertragen sind. Die Raumkategorien werden abschließend ihrer Bedeutung nach gewichtet ebenfalls in einer schematischen Übersicht zusammengefaßt, welche die Funktionen der Wand bzw. des Raumes in virtueller Architektur aufzeigt. Diese Übersicht bildet die Grundlage für drei Experimente, deren statistischer Auswertung und kritischer Definitionsanalyse, die Inhalt des fünften Kapitels ist.

Kapitel fünf beschreibt drei Experimente, die Fragen, Hypothesen und Ansätze aus den vorangegangenen Kapiteln empirisch evaluieren. Dazu werden drei Raumkategorien, die aufgrund der Analyseergebnisse eine besondere Bedeutung für die virtuelle Architektur besitzen, zur experimentellen Überprüfung ausgewählt. Die Hypothesen zu folgenden Problemstellungen wurden empirisch-statistisch überprüft: (1) Ein durch eine Öffnung betretener Raum vermittelt in virtueller Architektur das Gefühl von Privatheit, (2) Die Verwendung von orthogonalen Strukturen verbessert die Orientierungsfähigkeit des Nutzers in virtueller Architektur, (3) Für die ge-

richtete Bewegungslenkung bedarf es in virtueller Architektur der Simulation von Materialität in Form einer Oberflächengestaltung.

Im letzten, sechsten Kapitel, werden die Erkenntnisse der experimentellen Untersuchung diskutiert. Dazu werden die aus den theoretischen Betrachtungen gewonnenen Erkenntnisse der Raumkategorien in realer und virtueller Architektur den experimentellen Ergebnissen gegenübergestellt. Eine abschließende schematische Übersicht faßt die Raumkategorien der virtuellen Architektur zusammen. Ebenso wird auf das Berufsbild des Cyberarchitekten eingegangen und eine kritische Auseinandersetzung mit den bisherigen Anschauungen über virtuelle Architektur vorgenommen.

Abbildung 1 verdeutlicht den Aufbau dieser Arbeit in einer schematischen Übersicht:

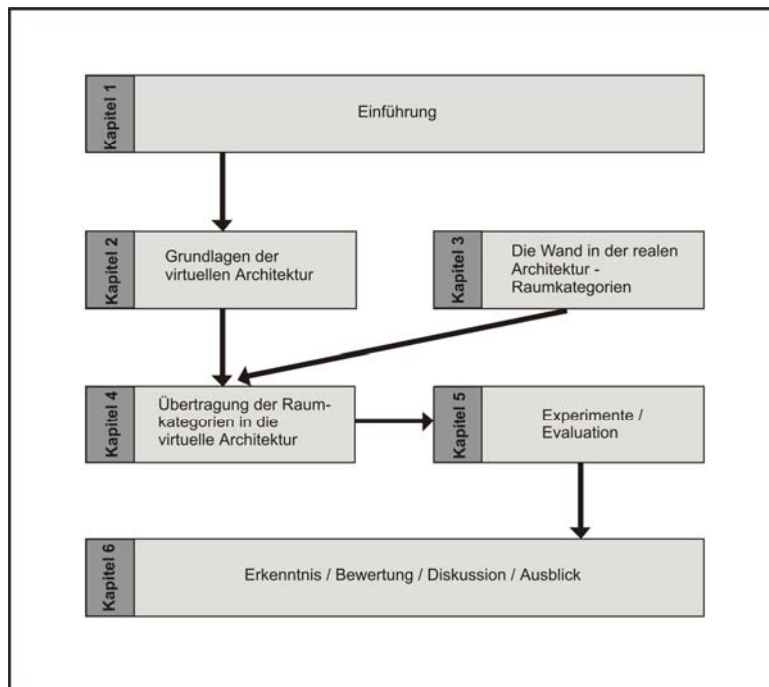


Abb. 1: Kapitelübersicht

2 GRUNDLAGEN DER VIRTUELLEN ARCHITEKTUR

2.1 Einführung

Inhalt dieses Kapitels ist es, eine Definition der im Zusammenhang mit virtueller Architektur gebräuchlichen Begriffe zu liefern und das Beziehungsgeflecht zwischen virtueller Realität, dem Nutzer und der virtuellen Architektur herauszuarbeiten. In einer kurzen Übersicht werden anschließend Anwendungsgebiete virtueller Architekturen dargestellt und auf die für die Arbeit relevante Form der sogenannten Informationsarchitektur näher eingegangen. Eine Darstellung der technischen Grundlagen eines VR-Systems schließt das Kapitel ab.

2.2 Terminologie

Obwohl in dieser Arbeit nur die männliche Form der Bezeichnung verwendet wird (man statt man/frau, Anwender statt AnwenderIn, etc.), ist ausdrücklich auch die weibliche Form der Bezeichnung gemeint. Der Vorzug der maskulinen Anrede wurde ausschließlich aus Gründen der besseren Lesbarkeit und eines einheitlichen Textflusses getroffen.

Ein weiterer Aspekt, der die Lesbarkeit der Arbeit tangiert, ist die Verwendung von Ausdrücken, die ihren Ursprung in der englischen Sprache haben und zu einem festen Bestandteil sowohl in der Fachliteratur als auch in der Forschung geworden sind. Dies betrifft die Begriffe Interface (Schnittstelle), Virtual Reality (Virtuelle Realität), Artificial Reality (Künstliche Intelligenz), HCI human-computer-interface (Mensch-Maschine-Schnittstelle), Cyberspace (kybernetischer Raum), Computer (Rechenautomat), usw. In der Arbeit werden aus Gründen des textlichen Zusammenhanges sowohl die deutschen als auch auf die englischen Ausdrücke und im Zusammenhang stehende Abkürzungen verwendet.

2.3 Cyberspace / Virtuelle Realität

In der Fachliteratur finden sich keine einheitlichen Definitionen der Begriffe Cyberspace und virtuelle Realität. Vom Verfasser dieser Arbeit wird daher zunächst eine Definition der im Zusammenhang mit der virtuellen Architektur verwendeten Begriffe vorgenommen, um die Verflechtung zwischen Cyberspace, Virtueller Realität, Nutzer und dem virtuellen Raum mit seiner virtuellen Architektur herauszuarbeiten. Die Abbildung 2 verdeutlicht schematisch den Aufbau der folgenden, textlichen Darstellung.

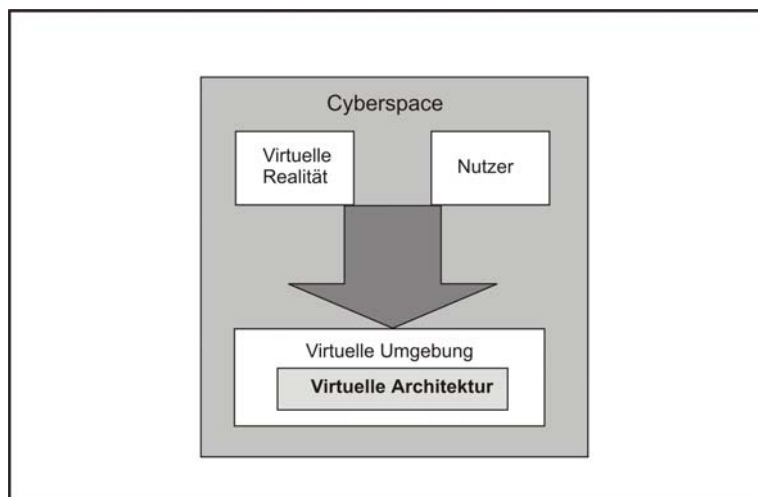


Abb. 2: Schematische Übersicht der Begrifflichkeiten zur virtuellen Architektur

Häufig wird die Technik der Virtuellen Realität mit dem Begriff des Cyberspace gleichgesetzt, der vielmehr ein Oberbegriff für jede Art von Technik ist, in denen Komponenten über ein Netzwerk miteinander in Verbindung stehen und Informationen austauschen. Jede

Die virtuelle Realität ist eine spezielle Form des Cyberspace

Form eines Computernetzwerkes, wie es beispielsweise das Internet darstellt, bildet einen Cyberspace, der Unterschied zur Virtualen Realität besteht darin, daß diese einen speziellen Cyberspace ausbildet.

Cyberspace bezeichnet nach S. Aukstakalnis und D. Blatner¹¹ eine vom Computer geschaffene Umwelt, die zugleich mehrere Rechner, mehrere Nutzer und diverse Datenmengen umfassen kann. Dabei dient jeder Computer als Fenster in die Datenmenge, die einen eigenen Raum, den kybernetischen Raum, abgrenzt.

Ausgangspunkt für die Erforschung eines Virtual-Reality-Systems war die Weiterentwicklung der Schnittstelle von Mensch und Maschine mit dem Ziel, die Barriere zwischen dem Benutzer und dem Computer zu reduzieren. Unter Virtueller Realität versteht S. Aukstakalnis et al.¹² eine vom Computer geschaffene, interaktive Umwelt, in die eine Person mit Hilfe technischer Geräte eintaucht. Erweitert wird diese Definition von Wooley und Thomsen¹³, die Virtuelle Realität als einen Bereich der Kommunikation verstehen, der in synthetischen Räumen stattfindet und den Menschen als einen gleichberechtigten, integralen Bestandteil eines digitalen Systems versteht. Es ist die Gesamtheit von Hard- und Software, welche dem Benutzer einen ihn einbeziehenden drei- oder mehrdimensionalen Ein-/Ausgaberaum zur Verfügung stellt, in dem er zu jedem Zeitpunkt mit autonomen Objekten in Echtzeit interagieren kann.

Die Technik der Virtuellen Realität umfaßt Ein- und Ausgabetechniken, die es dem Menschen erlauben, eine sinnliche Erfahrung zu machen, die einer physikalisch existierenden Wirklichkeit nicht entspricht oder eine physikalisch existierende Wirklichkeit um so nicht wahrnehmbare Dimensionen erweitert.

Nach M. Faßler und W. R. Halbach¹⁴ steht die Virtuelle Realität in der Tradition anderer Medien, wie Literatur oder Fernsehen, die sich ebenfalls einer Technik bedienen, um mit Hilfe von narrativen und dramaturgischen Mitteln eine gemeinsame Wirklichkeit zu synthetisieren. Während bei den Printmedien, wie Zeitungen oder Zeitschriften, der Zusammenschluß der Leser eher zufällig ist, wenn an verschiedenen Orten zur gleichen Zeit derselbe Artikel gelesen wird, ermöglichen bereits Radio, Fernsehen und Telefon strukturell den Zusammenschluß von Personen an unterschiedlichen Orten. Mit der Technik der virtuellen Realität werden die Nutzer an verschiedenen Orten über entsprechende Datenkanäle im virtuellen Raum zusammengeschlossen. Der gemeinsame Bezugspunkt ihrer Erfahrungen bildet, wie bei den genannten Medien, die medial gerichtete Konstruktion einer Realität, zu der es der Aktivität des Nutzers bedarf.

Je nach Art der Anwendung und Einbindung des Nutzers werden drei Stufen der Virtuellen Realität unterschieden: Die passive-, aktive-, und interaktive Ebene.¹⁵

Die erste Stufe ist dadurch gekennzeichnet, daß der Nutzer die virtuelle Umgebung durch seine Sinne, in erster Linie visuell, wahrnimmt. Die künstliche Umgebung bewegt sich um ihn herum und läßt ihn glauben, daß er sich in ihr bewegen würde.

Auf der zweiten, aktiven Ebene kann der Nutzer die Umgebung erkunden. Dabei stellt die Bewegung einen Zugewinn an

Funktionalität dar und er ist nicht nur in der Lage, Gegenstände im Raum wahrzunehmen, sondern sich diesen auch aktiv zu nähern.

Im Gegensatz dazu zeichnet sich die interaktive, dritte Ebene dadurch aus, daß der Nutzer die virtuelle Umgebung nicht nur erleben und erforschen, sondern auch verändern kann. Grenzen seiner Handlungsfähigkeit werden dem Nutzer nur durch die Rechen- und Graphikleistung des Computers gesetzt.

2.3.1 Eigenschaften der Virtuellen Realität

Damit ein Medium überhaupt als Virtuelle Realität bezeichnet werden kann, sind nach Döring¹⁶ sechs grundlegende Eigenschaften zu erfüllen:

- Simulation
- Telepräsenz
- Künstlichkeit
- Interaktion
- Immersion
- Kommunikation

Die Virtuelle Realität basiert auf einem Modell der Wirklichkeit, das in vereinfachter Form im Computer als Datensatz vorhanden ist.¹⁷ Durch den *Simulationsvorgang* werden in ihr Aspekte der Realität zugänglich und damit für den Nutzer erfahrbar, indem seine Sinne direkt angesprochen werden.

Mit Hilfe technischer Geräte kann der Mensch in einer vom Computer generierten Umgebung interagieren. Dieser Umstand wird als *Telepräsenz* bezeichnet. Die Umgebung ist *künstlich*, da sie aus einem Raum geschaffen wird, der durch das Zusammenspiel von Computer, Programm, Vernetzung, Ausgabegerät und den menschlichen Interaktionen konstruiert wird.

Im Gegensatz zur Literatur und zum Film hat ein Nutzer der virtuellen Realität die Möglichkeit, aktiv in das Geschehen eingreifen, was mit dem Begriff der *Interaktivität* bezeichnet wird. Für G. Schmitt bestehen die beiden wichtigsten Charakteristika der virtuellen Realität in der Interaktion und in der *Immersion*.¹⁸ Durch die Immersion wird dem Nutzer das Gefühl vermittelt, vollständig vom virtuellen Raum umschlossen zu sein. Der Grad der Immersion ist dabei vom Nutzer selbst, dem übertragenden Inhalt und der Art der Präsentation des Medium abhängig. Virtuelle Realität bietet derzeit die maximal mögliche technische Immersion.¹⁹ Kommt beispielsweise ein sogenannter Datenhelm zum Einsatz (s. Kapitel 2.4: Technische Grundlagen) wird der Benutzer vollständig von der realen Welt abgeschnitten und in die virtuelle Umgebung integriert.²⁰

Unter vernetzter *Kommunikation* ist die Möglichkeit zu verstehen, daß die Nutzer der Virtuellen Realität die Möglichkeit haben, sich über imaginäre Ereignisse im virtuellen Raum ohne Worte oder Bezüge zur realen Welt zu verständigen.

2.3.2 Der Nutzer

Der Unterschied zwischen der virtuellen Realität des Cyberspace und den virtuellen Realitäten der Literatur oder des Films liegt in den Qualitäten ihrer Textualität. Um diese textuellen Qualitäten zu entfalten bedarf es eines Nutzers, der sich mit Hilfe einer technischen Ausrüstung in die Virtuelle Realität begibt und diese „zum Leben erweckt“. Dabei fungieren die Sinne als Schnittstelle zwischen dem künstlichen Raum der virtuellen Realität und dem Nutzer. Die virtuelle Realität wird damit abhängig von seinen sinnlichen und kognitiven Aktivitäten.

Durch den Nutzer werden die textuellen Qualitäten des Cyberspace entfaltet

Der Nutzer bewegt sich dabei in einem virtuellen Raum, dessen Dimensionen durch die Rechen- und Darstellungskapazität des Computers limitiert wird. Im Gegensatz zu den Räumen der realen Architektur hängt die Dauer der Wege nicht von der räumlichen Entfernung, sondern von den jeweiligen Schnittstellen des Rechners ab. Dadurch, daß der Mensch es gewohnt ist, in einer dreidimensionalen Welt zu agieren, wird dieser Umstand von ihm nicht in Frage gestellt und auf den virtuellen Raum übertragen, der für ihn in den drei Dimensionen Breite, Höhe und Länge zum Ausdruck kommt. Dennoch kann der virtuelle Raum mehr als drei Dimensionen aufweisen. Das System der virtuellen Realität erscheint für den Nutzer so leistungsstark, weil es auf die besondere Fähigkeit des Menschen eingeht, räumliche Informationen aufzunehmen.

2.3.3 Die virtuelle Umgebung

Die Begriffe des virtuellen Raumes und der virtuellen Umgebung werden von M. Faßler²¹ synonym verwendet, da der virtuelle Raum erst im Moment seiner Nutzung als sinnliche Umgebung entsteht. Aus der Sicht des Nutzers handelt es sich um eine Umgebung, für den der plötzlich existierende Raum nur so lange existiert, wie er sich durch technische Hilfsmittel in dieser Umgebung aufhält.

Der virtuelle Raum entsteht im Moment seiner Nutzung

Eine virtuelle Umgebung wird von K. Meister²² als ein Computersystem definiert, mit dessen Hilfe autonome, dreidimensional modellierte und dargestellte Entitäten (Objekte der virtuellen Umgebung) in Echtzeit interagieren können. Ein Nutzer stellt dabei ebenfalls eine solche Entität dar und ist damit integrierter Bestandteil der Umgebung. Die virtuelle Umgebung wird damit zu einer synthetisch generierten Umwelt, die durch den Computer modelliert, generiert und unter Verwendung spezieller Ein- und Ausgabegeräte für den Menschen nutzbar gemacht wird.

F. Rötzer²³ betrachtet den virtuellen Raum als ein Konstrukt, das keine abgeschlossene Struktur besitzt und ständigen Veränderungen unterworfen ist. Die Infrastruktur wird durch technische Standards definiert, die an die Leistungskapazität der Computertechnologie gekoppelt ist. Im Gegensatz zur realen Welt kann eine sehr hohe Dynamik in der Um- und Neugestaltung entstehen, da auf keine physischen Materialien zurückgegriffen werden muß.

Eine besondere Form der virtuellen Umgebung ist die virtuelle Architektur, die von D. Bertoli²⁴ als eine Raumbetonung der virtuellen Umgebung definiert wird.

2.3.4 Virtuelle Architektur

Zur Begriffsbestimmung der virtuellen Architektur werden im folgenden Abschnitt zunächst wesentliche Eigenschaften der realen Architektur herausgearbeitet, um so in einer vergleichenden Gegenüberstellung den Wesenscharakter der virtuellen Architektur zu bestimmen.

Traditionell wird reale Architektur aus physischen, dreidimensionalen Materialien, wie Beton, Stahl und Glas hergestellt. Die diversen Materialien können vom Menschen durch die Sinnesorgane sowohl visuell als auch haptisch wahrgenommen werden. Durch ihren materiellen Erscheinungscharakter können sie einen entscheidenden Einfluß auf das Wohlbefinden des Menschen ausüben. Aufgrund von Erfahrungen innerhalb der künstlichen Umwelt werden mit den einzelnen Materialien unterschiedliche Assoziationen verbunden.

Die Hauptfunktion der realen Architektur besteht in der Schaffung von Räumen und Gebäuden, die einerseits eine Schutzfunktion gegenüber der Umwelt realisieren und andererseits Raum für menschliche Aktivitäten und soziale Interaktion zur Verfügung stellen. Die physischen Gesetze (Schwerkraft, Reibung) sind in der realen Architektur überall gleich und bestimmen damit den formalen Charakter eines Gebäudes.

Reale Architektur als physischer Raum wird von A. Bertoli²⁵ als eine Dialektik von Festem und Leeren (solid-void dialectic) bezeichnet. Die Präsenz von fester Materie in Form von Bauelementen erschafft den Raum der physischen Erfahrung, bei dem der Baukörper als etwas Festes aufgefaßt wird. Aus der Artikulation von Festem (solid) besteht die Wahrnehmung der äußeren Welt, getrennt durch das Leere (void). Wenn das Feste eine Position im Raum einnimmt, dann kann kein anderes Element dieselbe Position besetzen.

Dagegen existiert virtuelle Architektur nicht in einem physischen Material, wie Stein oder Metall, sondern aus Datenbanken, die eine Repräsentation als visuelle Simulation von Architektur beinhalten können.²⁶ Im virtuellen Raum wird Architektur dazu verwendet, Plätze für menschliche Interaktion zu schaffen, die nicht zwingend traditionellen Plätzen ähneln müssen. Das einzig physische Material der virtuellen Architektur ist das Repräsentationsmedium des Computers und der diversen Ausgabegeräte (Datenhelm, Monitor, CAVE etc.). Aufgrund der Immaterialität ihrer Elemente hat der Gestalter dieser Architekturform die Möglichkeit, dynamisch und variabel zu agieren. Ohne größeren Aufwand können Räume in Form und Farbgebung auf den jeweiligen Nutzer angepaßt werden. Durch das Fehlen physischer Gesetze müssen keine statischen Gesetzmäßigkeiten beachtet werden, so daß beispielsweise eine Decke in der virtuellen Architektur ohne unterstützende Wände über eine große Entfernung „gespannt“ werden kann.

Die Wahrnehmung der virtuellen Architektur beschränkt sich in erster Linie auf den Gesichtssinn. Haptische Qualitäten sind nur mit Hilfe eines größeren technischen Aufwandes zu realisieren. In

Die Hauptfunktion realer Architektur besteht in der Raumschaffung

Durch virtuelle Architektur werden Plätze für die menschliche Interaktion geschaffen

der Entwicklung befinden sich Datenhandschuhe (engl. Data glove), die beim Greifen in der virtuellen Architektur der Hand des Nutzers einen Widerstand simulieren (engl. Force-feedback glove).²⁷

Virtuelle Architektur ist für A. Bertoli²⁸ ein dreidimensionaler, nicht bewohnbarer Ausdruck der elektronischen Gesellschaft und der Kultur. Sie ist die Verkörperung der Daten im virtuellen Raum als mehrdimensionale Form, die nicht zwingend dafür gedacht ist, in der physischen Welt realisiert zu werden und kann damit als Antwort auf die individuellen Bedürfnisse gesehen werden, die die derzeitige Komplexität der Technologie erlaubt.

Die virtuelle Architektur ermöglicht dem Nutzer eine räumliche und zeitliche Unabhängigkeit, da er sich an zwei Plätzen zur selben Zeit aufhalten kann. In ihr kann eine mehr als dreidimensionale Welt dargestellt werden und ihre Objekte müssen sich nicht zwangsläufig auf das karthesische Koordinatensystem beziehen. Im Gegensatz zur realen Architektur stehen die Elemente der virtuellen Architektur nicht in einer direkten Abhängigkeit, was dadurch zum Ausdruck kommt, daß ein Nutzer nicht gezwungen wird, nur einen vorgegebenen Weg einzuschlagen.

Der Begriff der virtuellen Architektur wird von P. Weibel²⁹ einerseits aus der Schnittfläche von Architektur und Medien und andererseits durch die Systemtheorie komplexen Verhaltens hergeleitet. Dazu bezieht sich Weibel auf die Theorie von Christopher G. Langton, der in seinem theoretischen Ansatz zwischen linearen und nichtlinearen Systemen unterscheidet. Bei linearen Systemen ist das Verhalten des Ganzen nur die Summe des Verhaltens der Teile. Im Gegensatz dazu stehen die nichtlinearen Systeme, deren Verhalten des Ganzen mehr ist als die Summe des Verhaltens der Teile.

Die wesentliche Eigenschaft bei nichtlinearen Systemen besteht darin, daß ihre Verhaltensweisen Eigenschaften sind, die aus der Interaktion zwischen den Teilen entspringen und nicht aus den Eigenschaften der Teile selbst. Diese auf der Interaktion basierenden Eigenschaften verschwinden notwendigerweise, wenn die Teile unabhängig voneinander studiert werden. Daher werden diese Teile virtuelle Teile genannt. Dieser systemtheoretische Zugang zum Verhalten komplexer Systeme wird auf den Gebrauch von Architektur übertragen. Der Nutzer, inklusive der künstlich errichteten Architektur, stellt dabei ein nichtlineares System komplexen Verhaltens dar, bei dem aus der Interaktion der architektonischen Module mit dem Betrachter ein lebendes System entsteht. Die Bewohner und die Architektur bilden selbst virtuelle Teile eines dynamischen Systems. Die wesentlichen Eigenschaften entstehen in der Interaktion zwischen ihnen. Für Weibel gibt es in der virtuellen Architektur weder für die Nutzer, noch die Produkte, einen absoluten Standpunkt. Dadurch ist dem Nutzer möglich, in der virtuellen Architektur nach lokalen Regeln in einem nichtlinearen System zu agieren.

2.3.4.1 Physische- und virtuelle Architektur

In der virtuellen Architektur sieht G. Schmitt³⁰ eine Alternative zur Produktion der physischen Architektur. Durch die technische Ent-

wicklung der virtuellen Realität wird sich die Architektur in die drei Bereiche physische-, hybride- und virtuelle Architektur aufspalten. Die Anzahl hybrider Architekturen wird quantitativ gegenüber der physischen Architektur steigen, da immer mehr Gebäude mit Sensoren und Prozessoren ausgestattet sein werden, um Kontroll- und Regelfunktionen zu übernehmen. In diesem Zusammenhang unterscheidet P. Anders³¹ zwischen einer überlagernden- (engl. overlapping) und eine unterscheidenden- (engl. distinct) Form der virtuellen Architektur. Die überlagernde Form seiner virtuellen Architektur bezieht ebenfalls Computertechnologie in den Gebäudekomplex mit ein. Die unterscheidende Form der virtuellen Architektur existiert nur im virtuellen Raum und ist ausschließlich in diesem vom Nutzer zu erleben. Ziel dieser Architekturform ist keine Realisierung in der realen Welt, sondern eine Arbeits- und Kommunikationsplattform im virtuellen Raum.

D. Bertoli³² unterscheidet ebenfalls zwischen den virtuellen Architekturen, die eine Simulation einer gebauten Umwelt mit der Technik der virtuellen Realität ermöglichen und den virtuellen Architekturen, die nur für sich existieren und keinen Bezug zur physischen Welt besitzen. Die Integration von virtueller Realität und CAD wird von ihr als „Design Media“ bezeichnet und stellt für die Produktion realer Architektur einen sehr wichtigen Anwendungsbebereich dar, da mit Hilfe der Technik der virtuellen Realität Planungsfehler frühzeitig vermieden und somit Baukosten und Rohstoffe gespart werden können.

2.3.4.2 Beziehung von realer und virtueller Architektur

Bei der Frage der virtuellen Architektur handelt es sich nach Chr. Thomsen³³ um einen scheinbaren Widerspruch, da etwas Festes und Statisches wie die reale Architektur mit dem Begriff einer immateriellen Virtualität in Zusammenhang gebracht wird.

Die Beziehung zwischen realer und virtueller Architektur besteht nach E. Alliez³⁴ darin, daß die virtuelle Welt eine Vorstellungswelt ist, deren Ausgangspunkt jedoch immer die physische, materielle Welt als Lebensgrundlage bildet. Dadurch entsteht ein gegenseitiges Abhängigkeitsverhältnis, bei dem sich beide „Welten“ durchdringen. Die immaterielle Welt der Bilder und Gedanken ist eine unentbehrliche Lebensgrundlage der physischen, materiellen Welt. Alle geistigen Fähigkeiten und Eigenschaften wie Kreativität, Erfindungen, etc. sind Formen, die zur Weiterentwicklung in der materiellen Welt beitragen. Aufgrund dieser Abhängigkeit ist es nicht möglich, einen Aspekt isoliert zu betrachten.

Der Gedanke einer Architektur ohne physische Gesetzmäßigkeiten und materielle Abhängigkeiten, wie sie die virtuelle Architektur darstellt, ist schon in der frühen Architekturgeschichte wiederzufinden. Als Beispiele können die visionären Ideen von Architekten wie Alberti, Raphael, Piranesi, den Futuristen sowie den russischen Konstruktivisten an dieser Stelle angeführt werden.³⁵

Ein Bedeutender Vertreter für die virtuelle Architektur des 19. Jahrhunderts ist Piranesi. Für ihn ist das existierende Gebäude ein wichtiger Moment in der Aktivität des Architekten, jedoch nicht das Endergebnis. Er vertrat die Auffassung, daß virtuelle nicht das Ge-

Die Idee einer virtuellen Architektur ist schon in der frühen Architekturgeschichte zu finden

genteil der realen Dinge darstellen, da sie schon real in sich selbst sind.³⁶

Auch die dekonstruktivistische Architektur greift in ersten Ansätzen den Gedanken einer sich verändernden und beweglichen Architektur auf und kann somit als eine Art Vorläufer der virtuellen Architektur gesehen werden.³⁷ Der theoretische Ansatz des Dekonstruktivismus ist in seinem Selbstbezug begründet, d.h. auf die Umgebung mit ihrem Kontext wird keinerlei Bezug genommen und die Geometrie ist nicht auf das kartesische Koordinatensystem ausgerichtet. Das Statische der Architektur wird entmaterialisiert und verwandelt sich in ein dynamisches System.

In der virtuellen Architektur scheint der Mensch dem Ziel nahe gekommen zu sein, die „Zwänge“ der realen Architektur hinter sich lassen zu können. Wie stark die Beziehung zwischen realer und virtueller Architektur im virtuellen Raum ist, soll mit dieser Arbeit untersucht werden.

2.3.5 Erscheinungsformen der virtuellen Architektur

Der Großteil von VR-Anwendungen verfolgt das Ziel, ein möglichst realistisches Abbild der realen Welt für die unterschiedlichsten Zwecke zu erzeugen. In diesem Zusammenhang bildet ein weiträumiges Anwendungsgebiet die Simulation für Ausbildungs- oder Forschungszwecke. Im Bereich des Militärs oder der Luftfahrt wird die Ausbildung durch die VR-Technologie in Form von Simulationsfahrten oder -flügen unterstützt.

Ein weiteres Einsatzgebiet der VR-Technologie im Bereich der Simulation besteht in der wissenschaftlichen und technischen Forschung. Hier können beispielsweise Molekülstrukturen sowie Prototypen eines Autos visualisiert und vom Nutzer räumlich erforscht werden.

Eine gebräuchliche Form der VR-Anwendung im architektonischen Kontext ist die Simulation einer neu zu erstellenden Architektur. Dazu wird, basierend auf einem CAD-Programm, ein virtuelles Gebäude erstellt, welches vom Nutzer in einem virtuellen Rundgang (engl. walkthrough) betreten werden kann. Diese als virtuell-solide Architektur bezeichnete Form der virtuellen Architektur simuliert den Charakter der realen Architektur mit Hilfe der Technik der virtuellen Realität. Die Interaktion in der virtuellen Architektur bleibt dabei überwiegend auf das Betrachten der Umgebung beschränkt.

Neben der virtuell-soliden stellt die virtuell-abstrakte Architektur einen noch vielseitigeren Anwendungsbereich dar, da mit Hilfe der VR-Technologie Informationen visualisiert und räumlich erlebt werden können. Im Gegensatz zur virtuell-soliden Architektur besteht das primäre Ziel nicht in der Simulation der Erscheinung realer Architektur, sondern in der Visualisierung abstrakter Informationen unter Ausnutzung der Möglichkeiten des virtuellen Raumes. Diese als Informationsarchitektur bezeichnete Form der virtuellen Architektur wird im folgenden Abschnitt eingehend erläutert, da sie den Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit darstellt.

Virtuell-
abstrakte
Architektur
visualisiert
abstrakte
Informationen

2.3.5.1 Informationsgesellschaft

Zu Beginn des Jahres 1980 wurde die Informationsgesellschaft als Nachfolgerin der Industriegesellschaft proklamiert, in der das Hauptinteresse nicht auf materielle Waren, sondern auf die Produktion, Verarbeitung, Verbreitung, Aufarbeitung und Weitergabe von Informationen gerichtet war.³⁸ Die Herstellung und Rezeption von gestalteter Informationen in der Arbeits- und Lebenswelt wird von F. Rötzer³⁹ ökonomisch, politisch und sozial als so hoch eingeschätzt, daß Wirklichkeit nicht mehr durch materielle, gegenständliche Wirklichkeit, sondern durch bestimmte Konstellationen von Informationen definiert wird.

Für den Menschen beinhalten Informationen nur eine indirekte Form des Wissens, da es sich um aufgearbeitete Daten handelt, die auf der Grundlage von Medien für den Benutzer zur Verfügung stehen. Wissen dagegen bedeutet, Informationen aufnehmen und verarbeiten zu können, um Ergebnisse zu erzielen oder Kenntnisse über Phänomene in der Welt zu erlangen. Methodisches Wissen benötigt aber eine formale Sprache. Künstliche Sprachen wie die mathematische und die Computersprache sind eine notwendige und hilfreiche Voraussetzung der gemeinsamen kulturellen Entwicklung.

Die Bedeutung an Wissensaneignung und deren Umsetzung wird zunehmen, da beispielsweise häufig die Produktivität des Wissens über die Wettbewerbsfähigkeit von Ländern entscheidet. Hier bietet der virtuelle Raum als Medium ein Anwendungsgebiet für eine neue Art der Wissensvermittlung in Form der Informationsarchitektur.

2.3.5.2 Informationsarchitektur

Eine Umkehrung der Kommunikation zwischen dem Menschen und dem Computer kann durch die Technik der virtuellen Realität bewirkt werden. Üblicherweise werden die Informationen in den Computer extern über eine Tastatur eingegeben. Mit Hilfe der Technik der virtuellen Realität ist der Mensch in der Lage, sich innerhalb von virtuellen Architekturen aufzuhalten, um dort Informationen zu erhalten und weiterzugeben. Es entstehen sogenannte Informationslandschaften, durch die der Nutzer navigieren kann (s. Abb. 3 und 4). Der Vorteil einer solchen Schnittstellenkonzeption besteht für den Nutzer darin, daß er keine spezifischen oder formalen Sprachkenntnisse benötigt, um sich in der Informationsumgebung zu orientieren. Dadurch erlangen visuelle Konzepte gegenüber rein textorientierten Darstellungen eine zentrale Bedeutung.

Mit Hilfe der Technik der virtuellen Realität ist der Mensch in der Lage, sich innerhalb der Informationsumgebung zu bewegen

Der Begriff der Informationsarchitektur wird u.a. von G. Schmitt⁴⁰ geprägt und ist als eine bedeutungsvolle räumliche Umgebung zu verstehen, die in einen neuen Kontext der Computerkommunikation eingebunden ist. Sie wird als die Transformation sozialer, kultureller und technischer Computerdaten mit Hilfe technischer und theoretischer Fähigkeiten erschaffen und damit zu einem Bereich, zu dem sowohl der Mensch als auch der Computer Zutritt haben, der dabei zu einem intellektuellen Partner wird.⁴¹ Die Informationsarchitektur reflektiert nach M. Engeli⁴² den Gebrauch von Architekturprinzipien, um Informationen erreichbar zu machen sowie Ges-

taltung und Struktur der Daten, die es anderen Nutzern ermöglicht, miteinander zu kommunizieren. Für die Ausgestaltung der virtuellen Informationsumgebung übernimmt die Architektur die Rolle als Repräsentationsmedium und Navigationshilfe für den Nutzer.

Für den Architekten stellt die Informationsarchitektur einen neuen Aufgabenbereich dar. Im Entwurf der informativen Plätze für Visualisierung und Interaktion mit einer immer komplexeren Informationsmenge sieht M. Engeli die große Herausforderung für den Informationsarchitekten.⁴³ Gestützt wird diese These von Goldmann et al., der die Gestaltung des Informationsraumes ebenfalls in den Aufgabenbereich des Architekten einordnet. Seiner Ansicht nach werden sich die simulierten Räume der virtuellen Architektur erweitern und der Architekt ist der verwandteste Beruf zum Gestalter virtueller Architektur. *„Wenn die Rolle des Architekten darin besteht, eine Bedeutung zu materialisieren, die unsere Welt räumlich umgibt, dann ist die Rolle des virtuellen Architekten, simultane, räumliche Umgebungen zu schaffen und eine Bedeutung zu materialisieren als einen Auszug des Informationsraumes um uns herum. Simulierte Räume sind ein Interface in einer dynamischen Informationsumgebung. Die Gestaltung der simulierten Räume ist die Gestaltung eines Prozesses der Widerinterpretation durch die Welt.“*⁴⁴



Abb. 3: Virtuelle Informationsumgebung. Die Wände dienen als Informationsfläche für den Nutzer

Im Zusammenhang mit der Informationsarchitektur wird der Begriff des digitalen Bauens verwendet. Diese von B. Meurer⁴⁵ als Basistechnologie bezeichnete Form ist durch die Integration der Informationstechnologien in den Bereichen virtuelle Realität, digitale Medien und künstliche Intelligenz entstanden. Das Ziel dieser Arbeits- und Lebensumgebung besteht in der gezielten Bearbeitung von großen Datenmengen, die eine für die menschlichen Sinne physische Präsenz in der virtuellen Realität verfügen. Dazu werden die Datenelemente mit möglichst natürlichen Rezeptoren, Verhalten und Aussehen ausgestattet, damit sie vom Nutzer leichter interpretiert und genutzt werden können. Das Ergebnis dieser Technologie sind Arbeitsumgebungen, bei denen die Metaphern des

Desktops durch eine Informationsumgebung in der virtuellen Architektur ersetzt werden.

In der Informationsarchitektur können geteilte virtuelle Realitäten (eng. shared virtual realities) realisiert werden, die es mehreren Benutzern erlauben, simultan in einer Informationsumgebung miteinander zu kommunizieren.

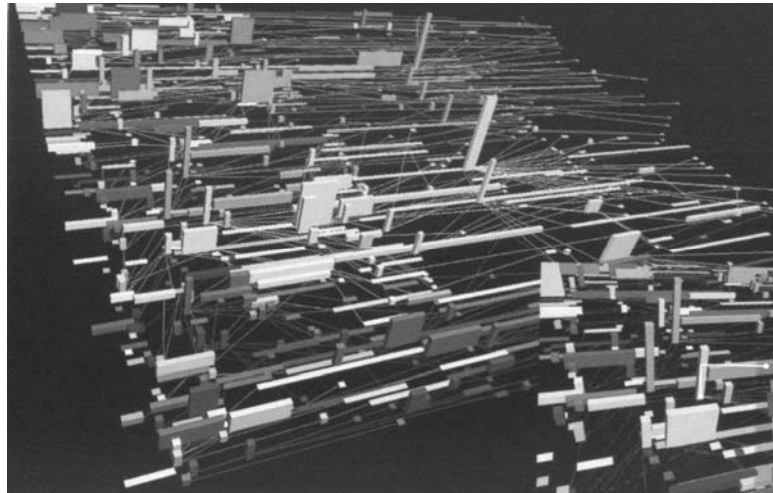


Abb. 4: Räumliche Darstellung komplexer Beziehungsgeflechte in einer virtuellen Informationsumgebung

2.3.5.3 Liquide Architektur

Eine der Informationsarchitektur verwandte Form auf einer primär theoretischen Ebene wird von M. Novak⁴⁶ als flüssige oder liquide Architektur propagiert. Da M. Novak von seiner Ausbildung nicht den Beruf des Architekten ausübt, bestimmt eine in erster Linie künstlerische Herangehensweise die theoretischen Grundlagen seines Verständnisses der virtuellen Architektur. Die Form seiner liquiden Architektur ist dem Informationsgehalt unterworfen und damit beliebig veränderbar (s. Abb. 5). Sobald sich die Informationsmenge in einer Weise verändert, hat das einen direkten Einfluß auf die dargestellte Umgebung, die sich dem Informationsgehalt anpaßt. In dieser Form der Architektur sind weder Türen noch Gänge vorhanden und ein Raum befindet sich immer an der Stelle, an der er benötigt wird.

Innerhalb dieser Architekturform besitzt die Verwendung von Tönen einen hohen Stellenwert. In Abhängigkeit der Bewegungsrichtung erzeugt der Nutzer eine bestimmte Melodie und orientiert sich damit nicht nur rein visuell, sondern akustisch, indem die Entscheidung für eine andere Richtung von einem Ton begleitet wird.

Der Ansatz einer flüssigen Architektur wird in ähnlicher Weise von L. Spuybrock beschrieben: *„Es wird eine neue Stadt entstehen, in der es keine Unterscheidung zwischen Straßen und Gebäuden oder der Form und der Information gibt – leben, aktive Strukturen erscheinen als ein Resultat des Lebens in der SoftSite und umgekehrt. Das ist keine Architektur, in der der Boden den Horizont unterstreicht und wo die karthesische Geometrie den Körper in Entscheidungen bringt, die mit der Funktion übereinstimmen. Das ist*

*eine Architektur, in der das Verhalten und die Form gemeinsam mit der Information in einer dynamischen Weise interagiert.*⁴⁷



Abb. 5: Beispiel einer liquiden Architektur. Die Wände sind dem Informationsgehalt unterworfen und fließen um den Raum

Der Architekt M. A. Pasing⁴⁸ leitet seinen architekturtheoretischen Ansatz einer beweglichen oder viablen Architektur aus den Gesellschaftlichen Bedingungen ab, da der Mensch in der Gesellschaft des 21. Jahrhunderts einem ständigen Veränderungsprozeß unterworfen ist. Für ihn wird der Raum in der virtuellen Architektur zu einer holographischen Projektion, die sich individuell auf die Wünsche des Nutzers einstellt.

Durch die virtuelle Architektur und die Möglichkeit der Telepräsenz wird sich nach Auffassung von R. Ascott⁴⁹ der Mensch zunehmend in zwei Welten, der realen und der virtuellen Welt aufhalten. Da der menschliche Körper an die reale Architektur und die physischen Bedürfnisse gebunden ist, wird sie zu einem Bereich, der durch Nahrungsaufnahme und Ruhe gekennzeichnet ist. Im Gegensatz dazu symbolisiert die virtuelle Architektur einen Bereich, der die Arbeits- und Freizeitzone des Menschen im 21. Jahrhundert charakterisiert.

2.4 Technische Grundlagen

Im folgenden Abschnitt werden die wesentlichen technischen Grundlagen der Virtual-Reality-Technologie erläutert, um den mit dem Thema nicht vertrauten Leser eine Einordnung der in dieser Arbeit untersuchten Gegenstände zu erläutern und das Verständnis für die in Kapitel fünf geschilderten Versuche zu erleichtern. Zunächst werden die wesentlichen Komponenten eines VR-Systems erläutert und danach auf die in der Praxis häufig verwendeten Ein- und Ausgabegeräte eingegangen. Für die Dateneingabe in virtuellen Umgebungen hat sich neben dem Datenhandschuh

(s. Kap. 2.4.3) eine Art elektronischer Zeigestift (s. Kap. 2.4.3) zum gängigsten Eingabegerät entwickelt, der sich durch eine leichte Bedienbarkeit für den Benutzer und niedrige Anschaffungskosten auszeichnet.

Die wesentlichen Ausgabegeräte in der VR-Technik sind kopfgebundene Sicht- und Projektionssysteme (s. Kap. 2.4.4). Der Vorteil eines kopfgebundenen Sichtsystems gegenüber einem Projektionssystem liegt ebenfalls in seinen niedrigen Anschaffungskosten. Dagegen ist der Einsatz eines Projektionssystems sehr kostenintensiv, so daß diese Systeme meist nur in großen Forschungseinrichtungen und weltweit operierende Automobilkonzernen Anwendung finden. Da mit der vorliegenden Arbeit Grundlagen für einen möglichst großflächigen Einsatz der VR-Technik im Bereich der Architektur erarbeitet werden, wurde in den in Kapitel fünf beschriebenen Versuchen ein kopfgebundenes Sichtsystem und ein elektronischer Zeigestift eingesetzt.

Für weiterführende Informationen zur Technik der virtuellen Realität und eine Beschreibung sämtlicher Ein- und Ausgabegeräte sei auf die im Literaturverzeichnis aufgeführten Werke von S. Bormann, A. Hennig, W. Sherman sowie das noch immer als Standardwerk geltende Buch von B. Willim verwiesen.

Im wesentlichen besteht die VR-Technik aus einem geschlossenen System mit den drei Hauptkomponenten (Grafik-) Computer, 3D-Eingabegerät und 3D-Ausgabegerät (s. Abb. 6). Bei den einzelnen Komponenten handelt es sich ausschließlich um spezielle Geräte, die nicht mit herkömmlichen Bürocomputern zu vergleichen sind. Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf sogenannte immersive Systeme, welche eine technische Umschließung des Nutzers realisieren. Dabei wird in erster Linie das visuell orientierte System behandelt, da dieses System in der Praxis überwiegt und für die empirische Untersuchung in dieser Arbeit (Kapitel 5) eingesetzt wurde.

Akustische- und haptische Ausgabegeräte befinden sich in der Anwendung gegenüber rein visuellen Ausgabegeräten in der Minderheit und werden nicht eingehender erläutert. Analoge Schlüsse für diese Systeme können aus den Betrachtungen zum optischen System gezogen werden. In diesem Zusammenhang sei noch einmal auf die o.a. weiterführende Literatur verwiesen.

Die VR-Technik besteht aus den Komponenten Computer, 3D-Ein- und Ausgabegerät

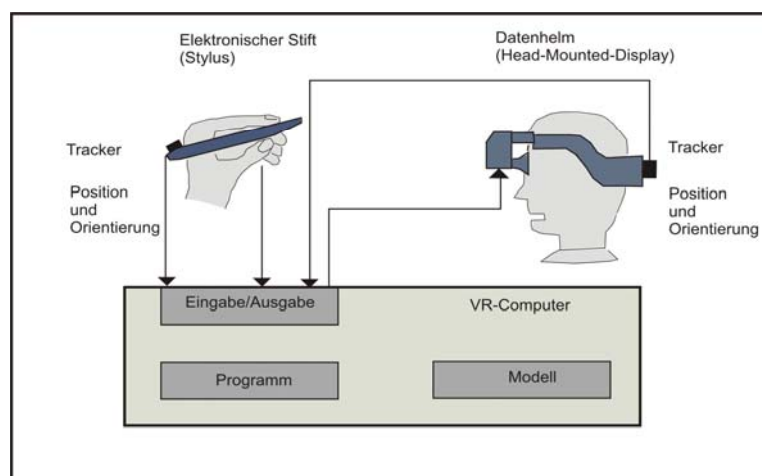


Abb. 6: Technisches Prinzip des Interagierens in virtuellen Welten

Da es sich bei der VR-Technik um ein geschlossenes System handelt, wirken alle Komponenten zusammen. Als Kernstück der Anlage dient ein spezieller Computer, auf dem alle Berechnungen zur Generierung der virtuellen Welt erfolgen. Als Ausgabemedium dient ein sogenannter Datenhelm, an dem sich zwei kleine Monitore vor den Augen der Versuchsperson befinden. Durch das somit mögliche ausschließliche Betrachten der computergenerierten Welt, egal wohin der Blick gerichtet wird, bekommt der Benutzer sehr schnell den Eindruck, er befinde sich in dieser Welt als agierende Person. Dieser Zustand wird als Immersion bezeichnet. Sieht man dazu noch einen hohen Grad an Interaktivität vor, so daß beispielsweise der Nutzer mit den ihn scheinbar umgebenden digitalen Objekten interagieren kann, wird das Maß der Immersion noch erhöht.⁵⁰ Mittels eines im Raum benutzbaren elektronischen Stiftes (Stylus) navigiert und agiert der Nutzer mit der dreidimensionalen Welt und gibt die Richtung seiner großräumlichen Bewegung an. Durch das sogenannte Tracking werden alle Positionen im Raum, die des Nutzers (Kopfbewegung), der Handbewegung und Handgeste, die der Interaktionsgeräte in Position, Richtung und Bewegung dem Rechnersystem übermittelt. Im folgenden Abschnitt wird auf die einzelnen Komponenten des VR-Systems näher eingegangen.

2.4.1 VR-Computer

Ein Computer, der für die VR-Technik zum Einsatz kommt, zeichnet sich durch eine extrem schnelle Grafikleistung, einen hohen Gesamtdurchsatz in der Berechnung, eine schnelle Schnittstelle zu externen Geräten und einen sehr großen Arbeitsspeicher aus, der die dargestellte virtuelle Umgebung ständig berechnen und regenerieren muß. Er verarbeitet nicht nur alle Daten der angeschlossenen Eingabegeräte und der entsprechenden Ausgabegeräte, sondern speichert auch das Modell der virtuellen Umgebung.

Damit die Illusion der Immersion beim Nutzer aufrecht erhalten bleibt, spielt die Gesamtverzögerungszeit (Latenzzeit) von der Dateneingabe bis zur Datenausgabe eine entscheidende Rolle. Die Verzögerungen müssen dafür unter 100ms liegen, da diese in der Regel nicht wahrgenommen werden können. Die Realisierung einer verzögerungsarmen Darstellung der virtuellen Umgebung wird durch das Verhältnis und die Geschwindigkeit des Prozessors und der Grafikkarte bestimmt. Beide Einheiten teilen sich die Aufgabe des dargestellten Prozesses.

2.4.2 Positionssensoren (Tracker)

Mit den Positionssensoren, die auch als Trackingsysteme bezeichnet werden, kann der Computer die aktuelle Position und Blickrichtung des Nutzers innerhalb des Computermodells bestimmen und die notwendigen Berechnungen vornehmen. Zur Datenübermittlung wird das einige Zentimeter große Gerät an einer vorhandenen Halterung des Ausgabegerätes (Datenhelm) befestigt. Ein weiterer Tracker befindet sich am Interaktionsgerät, mit dem der Nutzer sich durch die virtuelle Umgebung bewegen und Interaktionen mit Objekten tätigen kann.

Die Positionssensoren bestimmen die aktuelle Position des Nutzers

Bei der VR-Technik kommen vier Tracking-Verfahren zum Einsatz: magnetische, mechanische, akustische und optische Verfahren. Das jeweilige zur Anwendung gelangende Verfahren ist vom Einsatzzweck abhängig. Im folgenden Abschnitt wird auf das magnetische Verfahren, welches am häufigsten in der Praxis eingesetzt wird, näher eingegangen, da es auch für die in Kapitel 5 beschriebenen Versuche angewendet wurde (s. Abb. 7).

Das magnetische Tracking-Verfahren ist sehr flexibel, da von einem Sender durch drei stromdurchflossene Spulen Magnetfelder erzeugt werden, welche bei den in gleicher Weise ausgerichteten Spulen des Empfängers Strom erzeugen. Die wesentlichen Vorteile liegen in der Bewegungsfreiheit des Nutzers und in der relativ großen Trackingentfernung, die bis zu zehn Metern betragen kann. Ein wesentlicher Nachteil besteht in der Störanfälligkeit gegenüber magnetischen Feldern und Metallen, die eine Beeinflussung von Genauigkeit und Geschwindigkeit zur Folge haben können.

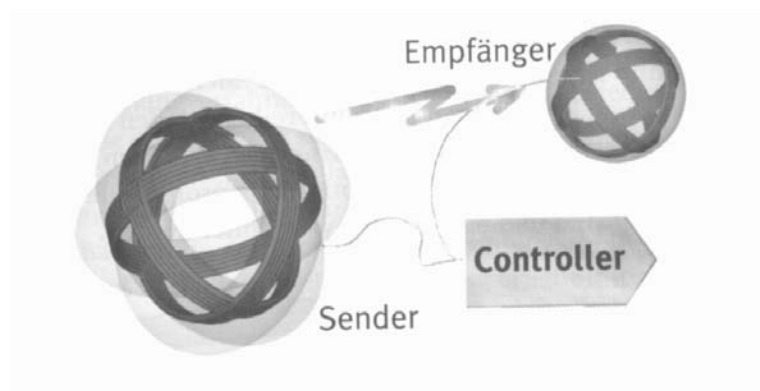


Abb. 7: Technisches Prinzip eines magnetischen Tracking-Systems

2.4.3 Eingabegeräte

Der grundlegende Unterschied zwischen den gängigen Eingabegeräten, wie Maus oder Joystick und den Eingabegeräten für die VR-Technik besteht darin, daß die Ermittlung der Position von Objekten im realen Raum in sechs Freiheitsgraden erfolgt (s. Abb. 8). Die räumliche Position und sämtliche Bewegungen sind eindeutig durch sechs Parameter definiert. Die drei Orts- (x , y , z) und die drei Richtungskomponenten (Azimuth, Höhenwinkel, Neigung). Diese werden als sechs Freiheitsgrade oder 6DOF (engl. Six degrees of freedom) bezeichnet. Im Gegensatz dazu sind Maus und Joystick auf zwei Freiheitsgrade (x/y -Translation) beschränkt.

Das Eingabegerät bestimmt die Position von Objekten in sechs Freiheitsgraden

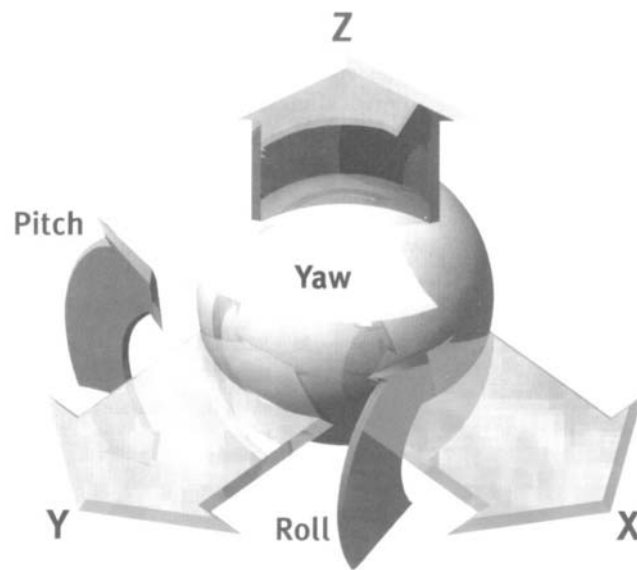


Abb. 8: Darstellung der sechs Parameter, die eine räumliche Position und Ausrichtung des Objektes definieren

Die Interaktionsgeräte für die VR-Anwendungen sind in einer großen Bandbreite vorhanden. Ein sehr einfaches Interaktionsgerät ist eine Art Zeigestift mit einem Taster, wie zum Beispiel der Stylus der Firma Polhemus (s. Abb. 9). Im Inneren befindet sich ein Tracker, der die Position und Richtung des Stiftes ermittelt. Mit diesem Gerät sind Interaktionen in Form von Zeigen und Auslösen möglich. Im Rahmen der Untersuchungen dieser Arbeit kam der Stylus zum Einsatz.



Abb. 9: Stylus als Eingabegerät

Beim Datenhandschuh (engl. Data glove) (s. Abb. 10) handelt es sich um einen Lycrahandschuh, der die Position der Hand sowie die Krümmung der Finger mit Hilfe eines Trackers erfassen kann. Dadurch erlaubt er ein intuitives Agieren für den Nutzer in der virtuellen Welt. Die Navigation erfolgt beispielsweise durch Zeigen in die entsprechende Richtung. Durch die Repräsentation einer Hand in der virtuellen Umgebung ist es möglich, den Nutzer noch stärker in das Geschehen einzubinden.

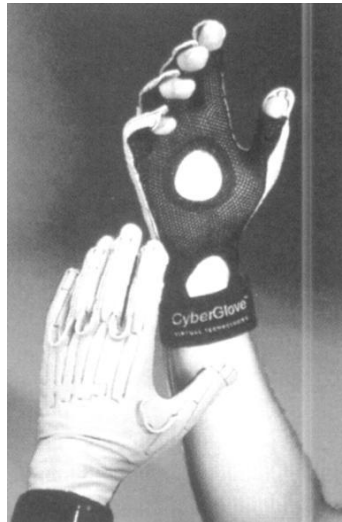


Abb. 10: Datenhandschuh als Eingabegerät

2.4.4 Ausgabegeräte

Am häufigsten in immersiven VR-Systemen werden kopfgebundene Sichtsysteme (engl. Head-Mounted-Displays, Kurzform: HMD) eingesetzt (s. Abb. 11), da die natürliche visuelle Wahrnehmung durch eine künstlich erzeugte audiovisuelle Welt ersetzt wird. An dem umgangssprachlich bezeichneten Datenhelm befinden sich zwei Miniaturdisplays, die sich unmittelbar vor den Augen des Nutzers befinden. Die gesamte Konstruktion wird durch eine auf den Kopf anpaßbare Halterung fixiert und folgt damit immer seiner Kopfbewegung. Fast alle HMD's besitzen elektromagnetische Trackingsensoren. Im Rahmen der experimentellen Untersuchungen der vorliegenden Arbeit kam ein HMD zum Einsatz.

Wesentliche Ausgabegeräte der VR-Technik sind kopfgebundene Sicht- und Projektionssysteme



Abb. 11: Head-Mounted-Display als Ausgabegerät

Bei einem Projektionssystem wird die virtuelle Umgebung über einen Beamer auf Leinwände projiziert. Eine Erweiterung erfährt das Konzept der Großprojektion durch die Anordnung von mehreren Leinwänden. Darunter gibt es einerseits Systeme, die nebeneinander mehrere Leinwände zu einer großen Fläche vereinigen und andererseits ein System aus Leinwänden, die so angeordnet sind, daß sie den Nutzer mehr oder weniger umschließen. Das Konzept wird als CAVE (engl. Cave automatic virtual environment) bezeichnet (s. Abb. 12). Die Leinwände werden in einer Würfelform angeordnet und im Idealfall besteht der CAVE aus sechs Projektionsflächen, die jeweils von einem Beamer durch eine Rückprojektion angestrahlt werden. Der Nutzer befindet sich innerhalb des Würfels und trägt eine sogenannte Shutterbrille an der ein Tracker befestigt ist. In der Regel erzeugen mehrere VR-Computer dann in Abhängigkeit der Position und Blickrichtung des Nutzers entsprechende stereoskopische Darstellungen.



Abb. 12: Projektionssystem des CAVE

3 DIE WAND ALS GRUNDELEMENT DER ARCHITEKTUR

3.1 Einführung

Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Bedeutung des klassischen Elementes der Wand für die virtuelle Architektur. Um ihre Funktion für den virtuellen Raum einordnen und bewerten zu können, ist es das vorrangige Ziel dieses Kapitels, sich zunächst aus Sicht der realen Architektur diesem Element anzunähern.

Eine architekturtheoretisch ausgerichtete Betrachtung leitet stufenweise vom Element der Wand über den Raum als physischem Konstrukt zum architektonischen Raum über. Dieser wird dann in kognitive Kategorien untergliedert, um einzelne Wand- bzw. Raumfunktionen herauszuarbeiten, mit denen wichtige Funktionen in der gebauten Umwelt verbunden sind und denen darüber hinaus eine besondere Bedeutung in der virtuellen Architektur zukommt. Die in diesem Kapitel gewonnen Erkenntnisse bilden die wissenschaftliche Grundlage für die Analyse (s. Kap. 4) und die Experimente in virtuellen Architekturen (s. Kap. 5).

3.2 Die Fläche als Bestandteil des Raumes

Die Begrenzung des architektonischen Elementes der Wand wird aus einer Fläche gebildet, die durch auseinandergezogene Linien mit den Merkmalen Länge, Breite, Umriß, Textur, Ausrichtung und einen Standort definiert ist. Ist diese Fläche ein Teil eines Raumes, so wird sie als auseinandergezogene Fläche mit den Merkmalen Länge, Breite, Tiefe, Rauminhalt, Oberfläche und Standort definiert⁵¹

In der Regel besteht ein Raum aus Wand-, Grund- und Deckenflächen (s. Abb. 13). Von den einzelnen Flächen ist die *Wandfläche* die visuell aktivste der raumbildenden und umschließenden Flächen. Sie kann aufgrund der Art ihrer Oberflächengestaltung sowohl einen neutralen Hintergrund als auch ein visuelles Raumelement bilden. Innerhalb des Raumes wird sie zur Innenwandfläche, da sie den Innenraum des Baukörpers begrenzt und umschließt. Die Architektur ist auf Flächen angewiesen, da eine ihrer wesentlichen Funktionen darin besteht, den gebauten Innenraum vom Umgebungsraum zu trennen.⁵²

In erster Linie wird die Qualität des Raumes durch die Oberfläche sowie die Beziehungen untereinander, als auch durch die Größe und Verteilung ihrer Öffnungen bestimmt.

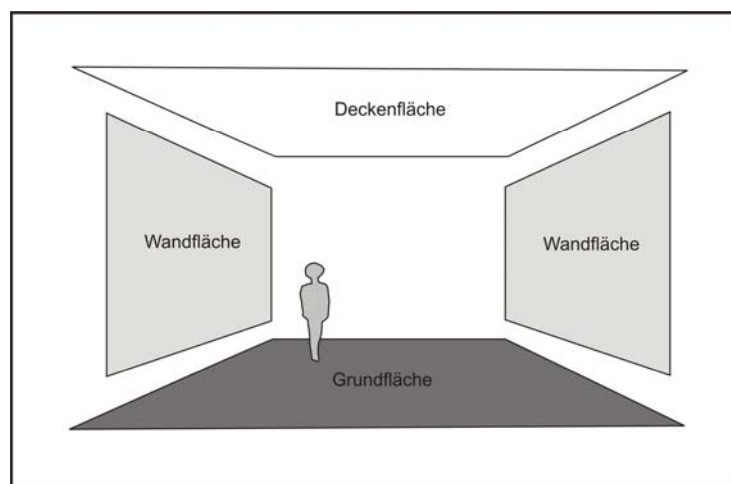


Abb.13: Flächenarten des architektonischen Raumes

Die *Grundfläche* bildet das physische und visuelle Element baulicher Formen. In der Architektur tritt sie als Bodenfläche in Erscheinung und bildet damit die Grundlage für menschliche Tätigkeiten innerhalb eines Gebäudes.

Ihr gegenüber angeordnet bildet die *Deckenfläche* den oberen Abschluß des architektonischen Raumes und gewährt in erster Linie Schutz vor Umwelteinflüssen.

Flächen sind in der Architektur von so großer Bedeutung, da sie als Wand- und Außenflächen das raumabschließende Element bilden und damit zum Grundelement der architektonischen Gestaltung werden. Wird architektonische Gestaltung als eine visuelle Kunst von Form und Raum in drei Dimensionen verstanden,

Flächen
sind
Grundele-
mente ar-
chitektoni-
scher Ges-
taltung

kommt nach Francis D. K. Ching⁵³ der Fläche die Rolle des Schlüsselementes zu.

3.2.1 Flächen als raumbildende Elemente

Neben den psychologischen und physikalischen Räumen wird der physische Raum in der Regel aus Flächen gebildet, die diesen begrenzen oder umschließen. Gegenüber horizontalen erscheinen dabei vertikale Flächen für die im Raum befindliche Person als aktiver, da sie bei der Raumbildung eine dominierende Rolle spielen und den Eindruck einer Umschließung erzeugen. Aus funktionaler Sicht dienen sie als Auflager für Decken- und Wandflächen und bestimmen somit den optischen Zusammenhang zwischen Innen und Außen sowie den einzelnen Gebäudebereichen.

Eine Grundform der Raumbildung wird durch vier vertikal aneinandergrenzende Flächen erzeugt, die einen Bereich vollständig einschließen. Der umschlossene Raum erhält einen introvertierten Charakter, da für den Nutzer weder ein visueller noch ein räumlicher Bezug zur Umgebung hergestellt werden kann.⁵⁴

Neben einer vollständigen Umschließung des Raumes durch die Anordnung von vier Flächen, kann eine Raumbildung durch die Aufstellung von Flächen in L-, U- und paralleler Form erfolgen, auf die im folgenden Abschnitt näher eingegangen wird.

Bei der Positionierung zweier vertikaler Flächen in L-Form wird ein räumlicher Bereich erzeugt, der durch die sich verbindenden Flächen innerhalb der Ecke genauestens definiert ist. Mit zunehmender Entfernung von diesem Eckpunkt verringert sich die Eindeutigkeit.

Bei der Anordnung paralleler Wände wird der räumliche Bereich zwischen diesen genauestens beschrieben. Mittels vertikaler Kanten der Flächen werden die offenen Enden unterstrichen und vermitteln damit eine stark richtende Qualität. Eine bauliche Realisierung dieser Form der Raumbildung wäre ein Flur eines Gebäudes, welcher durch die Anordnung seiner Wandflächen eine richtende Bewegungsachse darstellt. Zwischen den Wänden wirkt der Bereich extrovertiert, da durch die Parallelität keine Eckwirkung und somit das Gefühl einer Umschließung entsteht.

Im Gegensatz dazu erzeugen Flächen, die in einer U-Form angeordnet sind, einen Bereich, dessen Schwerpunkt innerhalb der Flächen liegt und nach außen weist. Diese Situation der Raumbildung ist beispielsweise in der gebauten Umwelt mit einem Flurende vergleichbar.

3.2.2 Der Umriss

Der Umriss als Bestandteil der Fläche entsteht aus deren Randlinien und bildet das hervorstechendste Identifizierungsmerkmal, da bei der Gestaltung mit räumlichen Konstruktionen die Flächen als Grenzen oder Begrenzungen eines Raumes dienen.

Für W. Rother⁵⁵ ist die Bedeutung des Umrisses darin zu sehen, daß die Begrenztheit der Teile in der Architekturbetrachtung eine

Der Umriss bildet das wichtigste Identifizierungsmerkmal der Fläche

wichtige Rolle spielen, da weniger die Silhouette als der Umriß des Gebäudes für den Betrachter existent ist. Letztlich werden die durch zweidimensionale Oberflächen begrenzten Bauwerke als eindimensionale Konturen vom Betrachter erfaßt. Bei der Beschreibung der Elemente eines baulichen Gesamtzusammenhangs kommt den Konturen und den Umrißlinien eine besondere Bedeutung zu.

3.2.3 Die Wand als Raumelement

Für eine begriffliche Bestimmung der Wand bildet das Element einen festen Bestandteil der theoretischen Grundlage. Das Wort Element bezeichnet nach Chr. N. Schulz⁵⁶ dabei eine charakteristische Einheit, die Teil der Architekturform ist. Dabei ist es wichtig, die architektonischen Elemente zu klassifizieren, da sie sich sowohl auf die Gestalt als auch auf einen Teil eines größeren Zusammenhangs beziehen können.

Die Hauptkategorien bilden dabei die Begriffe Masse, Raum und Fläche, wovon die zuletzt genannte als Grenze für Massen und Räume fungieren kann. Mit dem Begriff der Masse wird ein dreidimensionaler Körper bezeichnet, während der Begriff des Raumes ein Volumen definiert, welches von Grenzflächen der umgebenden Massen gebildet wird. Bei beiden Kategorien handelt es sich um meßbare physikalische Phänomene.

Als architektonisches Masse-Element wird ein Körper bezeichnet, der von seiner Umgebung dergestalt abgetrennt ist, daß sich die Ausdehnung mit Hilfe eines euklidischen Koordinatensystems beschreiben läßt.

Die Größe des architektonischen Elementes wird durch die Parameter Höhe, Länge und Breite bestimmt, welche eine untrennbare Einheit von Linie, Fläche und Volumen ergeben, deren Größe sie determinieren. Diese Definition kann auf die Beziehung von Wand und Raum übertragen werden.

Flächen sind in ihrer architektonischen Verwendung Raumelemente und haben je nach ihrem Verwendungszweck einen differenzierten Aufgabenbereich zu erfüllen. Dieses betrifft die Wand- gegenüber der Deckenfläche, da sich ihre Lage nach der jeweiligen Raumfunktion richtet. Dagegen ist die Deckenfläche auf der Wand aufgelagert und besitzt dadurch eine fixierte Position und wird vom Betrachter als entfernt wahrgenommen.

Ein Raumelement kann aber nur durch eine Deckfläche, die sich oberhalb des Bodens befindet, begrenzt oder durch Wandflächen umschlossen sein, die keinen oberen Abschluß besitzen. Den Grenzflächen kommt eine Doppelfunktion zu, da sie gleichzeitig Massen und Räume definieren.

3.2.4 Der formale-, instrumentale- und funktionale Aspekt der Wand

Formal betrachtet handelt es sich beim architektonischen Element der Wand um eine Oberfläche, die Körper und Raum begrenzt, wobei die Wandvorderseite keinen Bezug zu ihrer Rückseite inner-

halb eines Raumgefüges besitzt. R. Arnheim⁵⁷ vergleicht diesen Aspekt mit dem Durchschreiten einer Tür, indem der Nutzer einen Raum verläßt, um einen anderen zu betreten. Die beim Durchqueren erlebten Räume können zwar als Ganzes aufeinander bezogen werden, jedoch nicht über die gemeinsame Wand.

Bei der analytischen Betrachtung der Wand unter instrumentellen Gesichtspunkten, ohne dabei auf ihre Materialität und ihre physischen Eigenschaften einzugehen, bleibt sie abstrakte Abgrenzung. Erst in der weiteren Detaillierung wird dafür gesorgt, daß die Abgrenzungen den wichtigsten Anforderungen an Nutzbarkeit genügen. Dieser instrumentelle Aspekt läßt sich an einer Wand eines Gebäudes verdeutlichen. Zunächst dient die Wand als Grenze zwischen Innen- und Außenraum und definiert das Gebäude. In den weiteren Bearbeitungsschritten werden beispielsweise durch das Aufbringen einer Wärmedämmung auf der Außenseite und eines Anstriches auf der Innenseite den Anforderungen an Energieverbrauch und Wohlbefinden des Nutzers Rechnung getragen.

Der wichtigste Aspekt der Wand liegt in ihrer funktionalen Bedeutung, da durch die verschiedenen Abgrenzungen zu den Seiten sowie nach oben und unten eine Errichtung von einzelnen Arealen überhaupt erst ermöglicht wird, die die Durchführung von Tätigkeiten umweltunabhängig macht.

In diesem Sinn besitzt die Wand eine Doppelfunktion, da sie sowohl aneinander angrenzende Areale trennen als auch verbinden muß. Türen und Fenster als Öffnungselemente ermöglichen die Durchlässigkeit der Wand. Durch die Tür kann der Raum betreten und verlassen und das Rauminnere geöffnet oder verschlossen werden. Diese Aufgabe übernimmt in etwas abgeschwächter Form auch das Fenster. Der Unterschied zwischen beiden Elementen besteht darin, daß die Tür in erster Linie den Raumzugang für Personen ermöglicht und das Fenster die Funktion der Licht- und Luftzufuhr übernimmt.

Neben den Öffnungen, die nur begrenzt Durchlaß bieten können, besitzt die Wandfläche ebenfalls eine begrenzte Sperrfunktion, da sie für Schall, Wärme und Feuchtigkeit durchlässig ist.

Aufgrund ihrer Masse besitzt die Wandfläche darüber hinaus eine Speicher- und Reflektionsfunktion, die für bestimmte Nutzungszwecke, wie Veranstaltungen mit starker akustischer Beanspruchung oder erheblichen klimatischen Bedingungen von entscheidender Bedeutung sein können.

Der funktionale Aspekt der Wand wird von D. van der Laan aus dem Gegensatz zwischen dem horizontal orientierten Raum der menschlichen Erfahrung und dem vertikal orientierten Raum der Natur hergeleitet. Für ihn entsteht Architektur, wenn der horizontalen Erdoberfläche vertikale Wände hinzugefügt werden. *„In diesem neuen Raum leben wir nicht so sehr gegen die Erde als gegen die Wände: unser Raum liegt nicht auf der Erde, sondern zwischen Wänden.“*⁵⁸

Bei der Raumteilung durch eine Wand bleibt die Unbegrenztheit des ursprünglichen Raumes unberührt. Dieser wird nur durch die horizontale Erdoberfläche begrenzt und ist zu allen Seiten offen. Die vertikale Ebene, die mit der Wand eingeführt wird, halbiert den Raum und erzeugt zwei Teilbereiche. Einer der Bereiche ist durch die Wand abgetrennt, bewahrt jedoch auf der unbegrenzten

Der wichtigste Aspekt der Wand liegt in ihrer funktionalen Bedeutung

Seite die ursprüngliche Grenzenlosigkeit, um einen Teil von einem Raum abzutrennen, wird ein zweites Wandelement benötigt, welches mit der vorhandenen Wand verbunden wird, um eine Raumecke entstehen zu lassen.

3.2.5 Die funktionale Wirklichkeit der Wand

Der Begriff der funktionalen Wirklichkeit der Wand wird von Chr. Feldkeller⁵⁹ aus dem Widerspiegeln der unterschiedlichen Funktionen und Konstruktionen in ihren materiellen Erscheinungen hergeleitet.

Bei einer architekturgeschichtlichen Betrachtung der Wand ist festzustellen, daß die Behandlung von Decke und Wand in ihrer äußeren Erscheinung im Laufe ihrer Entwicklung aneinander angeglichen wurde. Erreicht wurde der Übergang durch die Einführung des Putzes, der die Materialität und den Herstellungsprozeß der einzelnen architektonischen Elemente nivellierte. Wurden im 19. Jahrhundert noch die einzelnen Bereiche zwischen Decke und Wand durch ein umlaufendes Stuckornament betont, so haben sie sich im 21. Jahrhundert durch einen gleichmäßigen Anstrich einander angeglichen.⁶⁰

Der Gedanke einer Formendifferenzierung wird auf das Verhältnis der Wände untereinander angewendet. Die unterschiedlichen Wände der einzelnen Areale, wie beispielsweise der Außenbereich eines Gebäudes sowie die Räume untereinander, haben diverse Anforderungen gemäß Statik, Wärmeschutz und Schallschutz zu erfüllen.

Demnach wäre es nach Feldkeller eine logische Konsequenz, daß die Wände, entsprechend ihrer differenzierten Funktionen und Konstruktionen, auch eine unterschiedliche Erscheinung aufweisen. *„Ich habe natürlich im Auge das Mittel der Wand, ihre Funktion bei der Regulierung der Beziehungen der in den verschiedenen Räumen stattfindenden Tätigkeiten zueinander wie zur übrigen Umgebung, bzw. die von hier aus sich erst ergebende Notwendigkeit der Abgrenzung der einzelnen Tätigkeiten“.*⁶¹

Dieser Ansatz wird von A. Moles und E. Romer⁶² ebenfalls vertreten, die in einer Studie über den Raum und seine Aneignung mit Hilfe des Designs die Wand als eine einseitige Trennung auffassen, welche in erster Linie zwei Aufgaben zu erfüllen hat: Einerseits dient sie dazu, das Leben der Menschen mit der Natur zu ermöglichen und andererseits wird durch sie die Beziehung der Menschen untereinander in der Form der Gesellschaft ermöglicht.

3.2.6 Die Wand als Bauelement des Gebäudes

Die existentielle Bedeutung des Gebäudes für den Menschen besteht in der Notwendigkeit, sich in der Natur vor klimatischen Einflüssen und äußeren Feinden behaupten zu können (s. Abb. 14). Im Gegensatz zu anderen Lebewesen besitzt der Mensch keine natürliche Kleidung oder die Form einer Behausung. Dabei ist er auf seine eigenen Fähigkeiten angewiesen, sich eine Unterkunft für seine Arbeits- und Freizeitaktivitäten herzustellen. Das Gebäude definiert den Kontakt des Menschen mit dem Boden sowie mit

Durch das Gebäude kann sich der Mensch gegenüber der Natur behaupten

seiner natürlichen Umwelt. Mit Hilfe der Wand entsteht ein bewohnbarer Raum, der die natürliche Umgebung abtrennt.



Abb. 14: Architektonischer Raum als Abgrenzung vom Naturraum

D. van der Laan⁶³ vergleicht das Urelement des Hauses bzw. den durch Wände abgetrennten Raum mit dem unbegrenzten Massiv der Erde mit ihrem dazugehörigen grenzenlosen Raum. Dabei können die einzelnen „Bausteine“ des Hauses jedoch nicht in einem Stück der Erde entnommen werden, sondern sie müssen aus einzelnen Blöcken, Lehmklumpen oder Holzstücken zusammengesetzt werden. Die menschliche Unterkunft entsteht dabei nicht durch das Aushöhlen des Erdmassivs, sondern durch das Abtrennen begrenzter Räume vom Raum der Natur mit Hilfe der massiven Wandelemente.

3.3 Der Raum als Grundtypus der Architektur

3.3.1 Begriffsbestimmung

Wichtige Impulse für die Beschreibung eines Raumbegriffes in der Architektur gingen im 19. Jahrhundert von den Kunstwissenschaftlern aus. Zu den bedeutendsten Vertretern unter ihnen zählen Riegel, Schmarsow und Wölfin.⁶⁴ Der Raum als Grundtypus der Architektur wird von Gustav Ebe beschrieben: *„Es muß einen Grundtypus geben, der sich durch all die zahllosen Entwicklungsformen verfolgen läßt, und an dessen Vorhandensein wir erkennen, daß wir es mit einem architektonischen Gebilde zu tun haben. Dieser Urtypus der Architektur ist der umschlossene Raum.“*⁶⁵

Der Urtypus der Architektur ist der umschlossene Raum

Der Ansatz des Raumes als Urtypus wird in der weiteren Betrachtung vor allem von Ebe und Schmarsow geprägt, für die der Raum mehr ist, als eine von mehreren Seiten umgrenzte Fläche. Sie sehen in ihm das Urelement der Architektur. Schmarsow geht in seiner Betrachtung sogar soweit, daß er den Raum als Leitmotiv der Architektur formuliert: *„Die Ausformung eines dreidimensionalen Hohlraumes, den der schöpferische Mensch nicht nur zu seinem physischen Schutz, sondern auch aus visuellen Bedürfnissen heraus um den eigenen Körper Gestalt verleiht, ist nach meiner Auffassung Ursprung und Leitmotiv der Architektur...Raumumschließung ist für mich erste Hauptangelegenheit.“*⁶⁶

Die Raumwahrnehmung wird von Schmarsow durch die Funktion des menschlichen Körpers beschrieben, indem er aufrecht steht und sich durch den Raum fortbewegt. In Folge dieser Bewegung überträgt der Mensch dabei seine Ortsveränderung auf die ruhende Raumform, welche eine Richtung erhält und eine Ausdehnung besitzt. Das Raumerlebnis wird damit zu einem psychologischen Vorgang und den räumlichen Elementen wird ein bestimmter Kommunikations- und Bedeutungswert verliehen.

Einen ebenfalls psychologisch motivierten Ansatz vertritt Wölfflin.⁶⁷ In den Mittelpunkt seiner Betrachtung stellt er jedoch, im Gegensatz zu Schmarsow, nicht den Bewegungsvorgang, sondern die körperliche Masse. *„Der Raum als etwas Körperliches kann nur wieder mit körperlichen Organen aufgefaßt werden. Diese Raumwirkung ist aller Architektur eigen.“*⁶⁸ Überträgt bei Schmarsow der Mensch als Subjekt sein eignes Gefühl der Bewegung auf den Raum, so sind es bei Wölfflin die Stimmungen, die einen gleichmäßig andauernden Zustand des Körpers voraussetzen.

Dieser Ansatz wird von Berlage aufgegriffen und auf den Innenraum erweitert, da der Architekt sich auf dessen Gestaltung konzentrieren sollte. *„Indes Architektur ist die Kunst der Raumumschließung... und ein Gebäude soll daher nicht in erster Linie Manifestation nach außen sein. Eine Raumumschließung wird hergestellt durch Mauern; daher manifestiert sich der Raum, oder verschiedene Räume, nach außen als ein mehr oder weniger zusammengestellter Komplex von Mauern.“*⁶⁹

Den Begriff der Baukunst verwendet A. Abel synonym mit dem Raumbegriff: *„Für mich ist also Baukunst immer Raum, unter allen Umständen, zuerst beim einzelnen Bauwerk selbst, dessen Aufgabe dies doch in den allermeisten Fällen sein muß, und dann in seinem Verhältnis zu seiner Umgebung, mit der es irgendwie wieder Teil eines Raumbildes wird, wenn es nicht gleichgültig dastehen soll.“*⁷⁰ Der Begriff des Dauernden ist sowohl für die Baukunst, als auch für den Raum anwendbar. Aus diesem Zusammenhang leitet A. Abel die Gleichung von Raum-Dauer-Ewigkeit ab.

3.3.1.1 Raumfeld und Raumbehälter

Erweitert wird der Raum als Grundtypus der Architektur wird von J. Joedicke⁷¹ durch die zwei Elemente des Raumfeldes und des Raumbehälters. Je nach Art der Raumbegrenzung werden zwei Raumarten des Raumbehälters oder des Raumfeldes unterschei-

den. Der Raumbehälter ist ein von geschlossenen Wänden umgrenzter Raum, wobei die Wand Innen und Außen abtrennt und die Öffnungen im Verhältnis zur Wandfläche klein ausgebildet sind.

Dagegen bezeichnet das Raumfeld die andere Art der Raumbildung. Die Raumgrenze ist nicht geschlossen, sondern wird durch Körper oder Wandfragmente angedeutet. Innen- und Außenbereich sind nicht voneinander getrennt, sondern miteinander verbunden.

Beide Begriffe sind Abstraktionen von Bauformen, die sich seit den Anfängen des Bauens wiederfinden. Raumfeld und Raumbehälter sind nach J. Joedicke die beiden grundsätzlich möglichen Arten der Raumbildung.

3.4 Der architektonische Raum

3.4.1 Begriffsbestimmung

Vorrangig bildet die Wand im Zusammenspiel mit der physischen Begrenzung an (Fuß-) Boden und an der Decke die wohl bekannteste Form des architektonischen Raumes. Ein wesentlicher Aspekt bei der Herstellung von Raum liegt im ursprünglichen Sinn in der Schutzfunktion vor klimatischen Bedingungen und vor Attacken durch Feinde. Noch heute ist der Aspekt des Klimaschutzes eine der primären Aufgaben des architektonischen Raumes, wobei sich der Schutz vor Feinden zu einer Absicherung der Privatsphäre gewandelt hat, da sich der Mensch im 21. Jahrhundert nicht mehr gegen Angreifer in der freien Natur behaupten muß.

Die Besonderheit des architektonischen Raumes liegt nach B. Zevi⁷² in der Dreidimensionalität und der Fähigkeit, Menschen zu beherbergen (s. Abb. 15). Diese These wird auch von P. Boudon vertreten, der den architektonischen Raum als eine Art von Raum betrachtet, der bewußt geplant, vorausgedacht und durch einen Maßstab und Proportionen definiert ist. Für ihn ist der architektonische Raum ein kalkulierter Raum nach den Notwendigkeiten und Beziehungen, die diese eingehen.⁷³

Auf der Grundlage von Schmarsow entwickelt Chr. Feldkeller das Modell des architektonischen Raumes, der in ihm die zentrale Entwurfseinheit sieht und den Ausgangs- und Endpunkt in der architektonischen Praxis darstellt. *„In ihm scheint die Architektur in unmittelbarem Bezug zum Leben zu stehen: diesem, den verschiedenen Tätigkeiten des Menschen Raum zu geben, gilt als die würdige Aufgabe der Architektur, als das unter allem äußerlichen Wandel sich durchziehende Wesen der Architektur.“*⁷⁴

Die Besonderheit des architektonischen Raumes liegt in der Dreidimensionalität und der Fähigkeit, Menschen zu beherbergen



Abb. 15: Architektonischer Raum als Arbeitsraum

Erweitert wird der architektonische Raumbegriff von W. Winkelvoss⁷⁵ durch den Blickwinkel des Betrachters. Dazu führt er die Theorie Newtons an, für den Raum absolute Leere bedeutet, vergleichbar mit einer Schachtel, in der sich alle Objekte befinden. Der Raum bildet damit den Hintergrund für die Welt der Körper, der auch ohne ein in ihm befindliches Objekt vorhanden ist.

Im Gegensatz dazu vertritt nach W. Winkelvoss der Architekt eine andere Art der Raumauffassung, die sich in der Form darstellt, daß Raum nicht permanent existiert, sondern hergestellt werden muß. Dieser entsteht durch die Wechselbeziehung von Objekten, da ohne ihre Existenz keine Raumerfahrung nachvollzogen werden kann. Der architektonische Raum wird in dem Moment geschaffen, indem Bauteile zugeordnet werden, die dann auf einer Grundplatte in eine wahrnehmbare visuelle Beziehung treten. Es entsteht eine Gegenform immateriellen Charakters, die sogenannte Raumgestalt.

In diesem Zusammenhang führt W. Winkelvoss die wichtige Funktion der Raumbegrenzung an, da sich der architektonische Raum erst über die Begrenzung definiert und über sie wahrgenommen werden kann. *„Das, was wir als architektonischen Raum bezeichnen ist erst dann für den Betrachter existent, wenn die Begrenzung errichtet ist und wahrgenommen werden kann. Andere, die Raumwirkung auslösende Faktoren, sind immer eine Folge der Ausbildung dieser Begrenzung.“*⁷⁶

3.4.2 Raumbegrenzung

Der Aspekt der Abgrenzung verdeutlicht die Rolle der Wand als architektonisches Grundelement. Aus der eigenen Erfahrung in der baulichen Umwelt läßt sich nachvollziehen, daß ein Raum ohne ein Maß der Bestimmung seiner Ausdehnungsgrenzen nicht vorstellbar ist. Da der eigentliche Raum nicht erfahrbar ist, entsteht eine Raumvorstellung über die optische und physische Wahrnehmung der Raumhülle oder eines Gegenstandes, der sich im Raum befin-

det. Schon in der Antike wird von Aristoteles der Raum nicht nur über die Begrenzung definiert, sondern auch über das, was sich dazwischen befindet.⁷⁷

Die Begriffe Raum und Raumbegrenzung müssen inhaltlich voneinander getrennt werden, da der Raum sich nicht nur über die begrenzenden Elemente, wie Wand, Fußboden und Decke definiert, sondern das bezeichnet, was sich zwischen diesen Elementen befindet. Die Raumbezeichnung als etwas Umschlossenes ist Folge einer Wahrnehmung des architektonischen Raumes, der erst dann für den Betrachter existiert, wenn die Begrenzung errichtet ist und wahrgenommen werden kann.⁷⁸

3.4.3 Abgrenzung

Durch ihre begrenzende Existenz verschafft die Wand als Element der Architektur dem gebauten Raum eine Konkretisierung. In diesem Zusammenhang verweist W. Rother⁷⁹ auf die Bedeutung von Flächenelementen oder zumindest flächenmarkierenden Elementen, um einen Raumteil aus einem übergeordneten Ganzen auszugrenzen. Durch diesen Prozeß wird der baulich geformte Raum als solcher für den Menschen erfahrbar.

Dieser Gedanken wird von Chr. Feldkeller⁸⁰ aufgegriffen und das Wesen der Architektur unter theoretisch-methodischen Gesichtspunkten betrachtet, wobei sein Augenmerk dem Gebäude unter Aspekten des Nutzungszusammenhangs gilt. Er kommt zu dem Schluß, daß die bisherige Auffassung von Architektur als Ensemble von Räumen durch eine neue Konzeption als Gefüge von selektiven graduellen Abschirmungen ersetzt werden sollte.

Für Chr. Feldkeller ist die Wand in ihrer Abschirmfunktion gegenüber der Umwelt als das entscheidende Element anzusehen, da die Durchführung von Tätigkeiten des menschlichen Lebens nicht primär in Räumen, sondern in der Umwelt stattfindet. Letztlich ist es die Umwelt, deren Verhältnisse lokal durch architektonische Abschirmungen modifiziert werden, ohne daß ihre Kontinuität damit unterbrochen wird. *„In dieser Hinsicht war es durchaus passender, wenn man, bevor der Terminus „Raum“ im 18. Jahrhundert...auftauchte, in der zusammenfassenden Bezugnahme erst auf die verschiedenen Areale eines Hauses bzw. auf deren Herstellung von „Teilen“ bzw. „Teilung“ sprach. Nur geht es auch nicht bloß um Teilung des gegebenen Raumes, es geht um lokale Modifizierungen der klimatischen Verhältnisse, der Schallverhältnisse, mit einem Wort, der Umweltverhältnisse. Ein Gebäude zeigt sich also in funktionaler Betrachtung nicht als Ensemble von Räumen, sondern als Gefüge von Abschirmungen in einer bestimmten Umgebung bzw. Umwelt. Statt des Raumes ist die Wand als entscheidendes architektonisches Element anzusehen und sozusagen zum Gegenstand der Entwurfstätigkeit zu machen, zum Thema der Gestaltung und zwar in ihrem Doppelcharakter als Trennung/Nicht-Trennung, eben als selektive, graduelle Abschirmung.“*⁸¹

Für den architektonischen Raum bedeutet das eine Reduzierung auf die Aspekte der Dimensionierung von Arealen und die Festlegung der Abstände raumbildender Elemente zueinander. Die Existenz der Wand ist durch die jeweiligen Abschrimerfordernisse der Tätigkeiten untereinander sowie gegenüber der Umwelt begründet.

Die Wand ermöglicht eine Durchführung von Tätigkeiten unabhängig zur Umwelt

Die Form des Raumes wird durch die funktionalen Anforderungen, wie den Platzbedarf, für den jeweiligen Raum bestimmt. In diesem Zusammenhang führt Feldkeller den Architekten Jean Nicolas Louis Durand an, der gegen Ende des 18. Jahrhunderts in Frankreich für die Architekturausbildung verantwortlich war.⁸² Durand reduziert die Architektur auf das Zusammensetzen von Elementen (èlementes) aus einem vorhandenen Repertoire, wie Mauern, Fenster, Säulen und Türen, die wiederum zu einem Gefüge von Räumen zusammengesetzt werden. Seine Lehre folgt dem Prinzip vom Element zum Ganzen, wohingegen der Entwurf seinen Ursprung im Ganzen hat und von dort zur Festlegung der Räume und von diesem zur Festlegung der Elemente führt.⁸³

Im begrenzten Raum sieht A. Abel den Ausgangspunkt für den architektonischen Entwurf. *„Welcher Segen, wenn die Wohltat der Begrenzung wieder erkannt werden würde, die so leicht einzusehen ist, wenn man darüber nachdenkt. Glückliche macht in der Tat nur diese Begrenzung, weil sie verhindert, daß der Geist ins Uferlose abschweift.“*⁸⁴ Durch die Begrenzung entsteht eine Art von Freiheit, da sie eine Rückbesinnung auf den Innenraum darstellt, welcher letztlich als kleiner, begrenzter Raum den Ausgangspunkt des architektonischen Entwerfens darstellt. Zentrales Element bildet für Abel seit der Antike die Wand, deren Bestand jedoch durch den Einsatz von Materialien, wie Glas, gefährdet ist, da es eine visuelle Auflösung der Materialität bedeutet.⁸⁵

Im Kontext der architektonischen Verwendung wird die Raumbegrenzung von J. Joedicke⁸⁶ in eine architektonische-, städtische-, und natürliche Begrenzung unterteilt. Die architektonische Begrenzung entsteht aus einem Raum, der vom Menschen geplant und gebaut ist. Grundelemente dieses Raumes sind Wände, Decken, Fußböden oder Stützen, die einen einzelnen Raum in einem Gebäude abgrenzen. Die Zusammenfassung mehrerer Räume führt zur nächsten Einheit, dem Gebäude.

Ein Gebäude begrenzt wiederum eine Straße oder einen Platz und bildet mit anderen Gebäuden den städtischen Raum. Dieser wird von der natürlichen Umgebung eingefasst. Für J. Joedicke entsteht die Raumbildung immer durch die Abgrenzung eines kleinen aus einem größeren Raum.

3.4.4 Umgrenzt-, zwischen-, bezogen sein

Für B. Krämer⁸⁷ besitzt der architektonische Raum die drei Axiome des umgrenzt-, zwischen- und bezogenseins. Aufgrund des Raumzuschnitts werden die spezifischen Bedingungen der Abgrenzung (umgrenzt-sein) realisiert. Durch eine Zuordnung der Räume werden die Anforderungen zwischen den Raumgrenzen herbeizuführender Gliederungen (zwischen-sein) hergestellt und schließlich durch die Zuordnung auf drei Betrachtungsebenen die räumlichen Beziehungseigenschaften (bezogen-sein) hergestellt. Auf dieser Grundlage entwickelt B. Krämer eine Definition des architektonischen Raumes als Gesamtheit der erfahrbaren Beziehungen zwischen den Ereignissen baulich-sozialer Umwelt. Die Gesamtheit der Ereignisse sind durch Richtung und Abstand auf den wahrnehmbaren Menschen bezogen. Mit Richtung, Distanz und Bezo-

genheit sind wiederum die wesentlichen Raummerkmale mit in die Definition einbezogen.⁸⁸

3.4.5 Mathematischer- und gelebter Raum

O.F. Bollnow und E. Ströker⁸⁹ unterteilen den architektonischen Raum in zwei Begriffe, den mathematischen und den gelebten Raum. Sie ziehen in diesem Zusammenhang einen Vergleich mit der Zeitmessung, die zwischen einer zu messenden abstrakten, mathematischen Zeit und der vom Menschen konkret erlebten Zeit unterscheidet und übertragen diese Metapher auf den Raum. Auch hier kann zwischen dem abstrakten Raum der Mathematik und dem erlebten Raum des Menschen unterschieden werden.

Der mathematische Raum ist für sie ein homogener Raum, der in allen drei Raumdimensionen gleiche Wertigkeiten aufweist. Dieser Raum besitzt keine Gliederung und ist vollständig gleichmäßig und in seiner Ausdehnung unendlich.

Auf der Grundlage des Ansatzes von O.F. Bollnow unterteilt D. van der Laan⁹⁰ den architektonischen Raum in einen Schalen- und einen Kernraum. Der architektonische Raum entsteht durch die begrenzende Wand, welche ihn vom Außenbereich abtrennt. Im Gegensatz dazu erhält der Raum der menschlichen Wahrnehmung seine Begrenzung durch die selbstbestimmten Aktivitäten. Der erste Raum stellt sich als Schalenraum dar, da seine Begrenzung durch die äußere Schale massiver Wände entsteht. Der zweite Raum wird als Kernraum bezeichnet, da seine Begrenzung vom Kern aus durch die Anwesenheit des Menschen bestimmt wird.

Ausgangspunkt für den architektonischen Raum sind nach D. van der Laan die vertikalen Wände, die dem Massiv der Erde hinzugefügt werden und damit eine Basis für die horizontale Orientierung des Raumes erzeugen, auf die der Mensch angewiesen ist. *„Es ist, als ob sich eine horizontale Anziehungskraft zwischen den Wänden mit der vertikalen Anziehungskraft der Erde verbindet, um den architektonischen Raum zu erhalten.“*⁹¹

3.4.5 Der Begriff der Leere

Für seine Begriffsbestimmung des architektonischen Raumes betrachtet R. Arnheim⁹² die Bedeutung des Einflusses von Beziehungen zwischen Objekten auf das menschliche Bewußtsein. Zur Alltagserfahrung des Menschen zählt der Raum, der sich zwischen Objekten befindet. Dieser wird nicht als leer aufgefaßt, sondern von Gradienten durchdrungen. Befindet sich beispielsweise ein Mensch zwischen zwei unterschiedlich hohen Gebäuden, wird der verbindende Raum zu einem untrennbaren Bestandteil des Gesamtbildes. Vergrößert oder verringert sich der Abstand zwischen den Gebäuden, verändern sich dementsprechend das Gefälle des Gradienten und damit der Kontrast zwischen den Gebäuden. Zur Veranschaulichung führt R. Arnheim den Begriff der Dichte ein. Für den Betrachter kommt es im Zwischenraum der Gebäude zu einer wahrnehmbaren Drucksteigerung oder Druckminimierung. Bei der Vergrößerung des Abstandes zwischen den Gebäuden verringert sich die Dichte des Zwischenraumes, bis der Abstand so

groß ist, daß aufhört, zu existieren. Wird keine Beziehung vom Betrachter zu den Gebäuden hergestellt, kann man von einem leeren Raum sprechen.

Eine wichtige Rolle spielen in diesem Zusammenhang die an den Zwischenraum angrenzenden Objekte. Sind diese zu ihrer gegenseitigen Ergänzung aufeinander bezogen, wird der Zwischenraum vom Betrachter als dichter und damit lebhafter gegenüber einer geschlossenen und in einem hohen Maß unabhängigen Gebäudeform empfunden. Die Wahrnehmungserscheinung der Leere läßt sich demnach als Eigenschaft eines Bereiches definieren, dessen räumliche Merkmale nicht von den umgebenden Objekten bestimmt werden.

Der Effekt der Leere entsteht, wenn die umgebenden Formen der betreffenden Fläche kein Strukturgerüst besitzen und der Blick des Betrachters kein Bezugssystem im Raum findet, das ihm eine Beurteilung von Abständen ermöglicht.

3.5 Die Raumbegriffe des architektonischen Raumes

Wie in den vorausgegangenen Betrachtungen deutlich geworden ist, kann das Element der Wand nicht losgelöst vom architektonischen Raum betrachtet werden. Aufgrund dieser Synthese wird nun in Anlehnung an das Modell des architektonischen Raumes von D. Salzmann⁹³ (s. Abb. 16) vom Autor dieser Arbeit ein Modell von Raumkategorien entwickelt, welches den Ausgangspunkt für die in Kapitel vier beschriebene Übertragung der Erkenntnisse in virtuelle Architektur sowie die in Kapitel fünf dargestellten Experimente darstellt.⁹⁴ Im folgenden Abschnitt wird auf die Herleitung des Raummodells näher eingegangen.

Ausgangspunkt für das Modell des architektonischen Raumes von D. Salzmann ist die Einbeziehung von Definitionen wissenschaftlicher und künstlerischer Disziplinen, die einen Bezug zur Architektur herstellen und damit den architektonischen Raumbegriff präzisieren.

Die Grundlage für die Kategorien wird durch den physikalischen Raum gebildet. Durch die Architektur wird im Naturraum ein künstlicher Raum geschaffen, der für den Menschen wiederum einen wichtigen Lebensraum darstellt.

Im Umwelt-Funktionsraum werden die Beziehungen zwischen dem Menschen und seiner Umwelt zusammengefaßt. Dieser unterteilt sich in einen Erlebnisraum, der den Bereich definiert, der vom Menschen bewußt wahrgenommen bzw. erlebt wird. Ihm angeschlossen ist eine Reihe psychologischer Räume, die sich auf die Raumwahrnehmung des Menschen beziehen und sich nach ihrer Abhängigkeit vom aktuellen Geschehen abstufen. Innerhalb dieser psychologischen Kategorien nimmt der Anschauungsraum eine besondere Stellung ein, da er die innere Informationsverarbeitung des Menschen abbildet.

Ebenfalls dem Umwelt-Funktionsraum angeschlossen ist der Raum der Handlungen, der sich durch Kommunikation und soziale Kontakte auszeichnet.

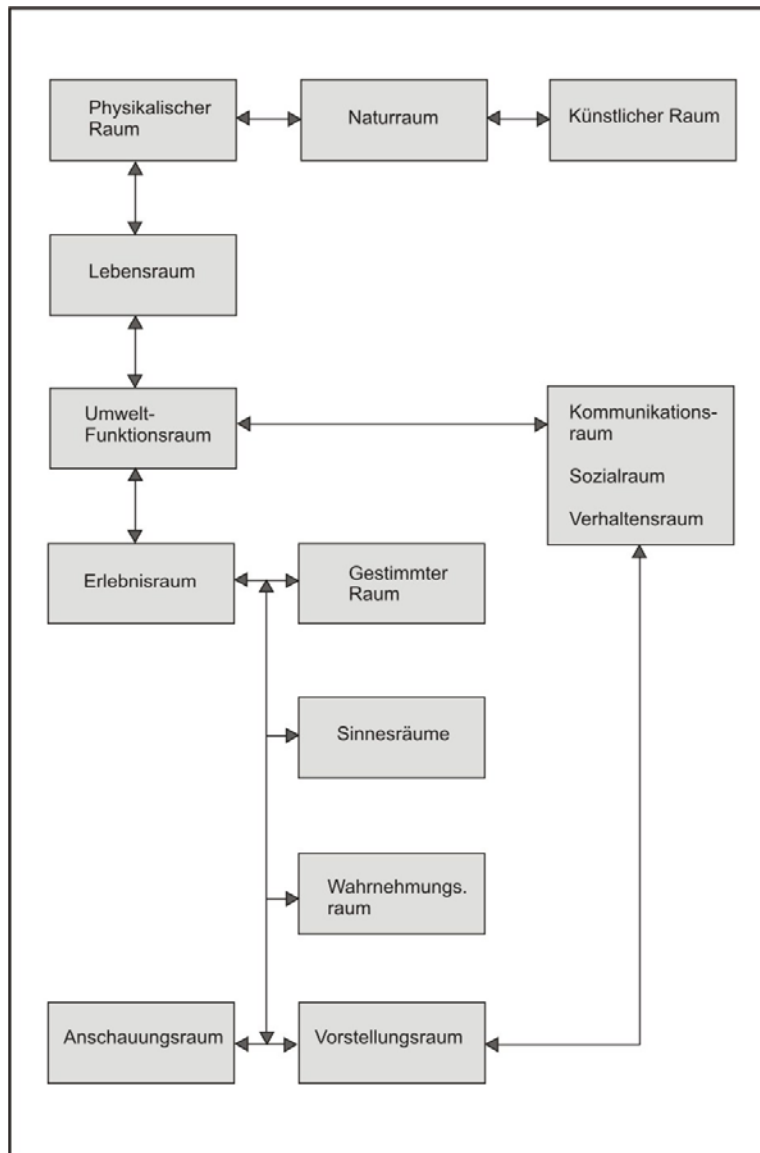


Abb. 16: Raumkategorien des architektonischen Raumes nach D. Salzmann

Vom Autor dieser Arbeit werden auf Grundlage des Modells von D. Salzmann einzelne Raumkategorien zusammengefaßt und im Hinblick auf die Bedeutung für die virtuelle Architektur zu einem neuen Modell des architektonischen Raumes in realer Architektur erweitert (s. Abb. 17). Um die Zahl der Kategorien in einer überschaubaren Größenordnung zu behalten, werden unter dem Umwelt-Funktionsraum die Kategorien Naturraum, künstlicher Raum und Lebensraum subsumiert, da sie alle die Beziehungen zwischen dem Menschen und seiner Umwelt beschreiben. Genauso werden die psychologischen Räume (gestimmter Raum, Sinnesraum und Vorstellungsraum) unter der Kategorie des Wahrnehmungsraumes zusammengefaßt, da sie lediglich eine Abstufung vom aktuellen Geschehen darstellen. Als eigenständige Kategorien werden Physikalischer Raum, Anschauungsraum und Erlebnisraum übernommen.

Erweitert wird das Modell durch die Kategorien Körper und Raum, Form und Raum, Gliederungsraum, Raum und Öffnung und den privaten und öffentlichen Raum. Verbunden mit diesen Kategorien sind wichtige Funktionen der Wand bzw. des Raumes, denen auch in der virtuellen Architektur eine besondere Bedeutung zukommt (s. Kap. 4). Im Hinblick auf ihre Stellung für den virtuellen Raum werden die einzelnen Kategorien unter drei Oberthemen (technische Randbedingungen der Natur, sinnliche Kategorien des Raumes und stoffliche/nicht stoffliche Kategorien des Raumes) zusammengefaßt.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Raumkategorien und deren Funktionen eingehend erläutert.

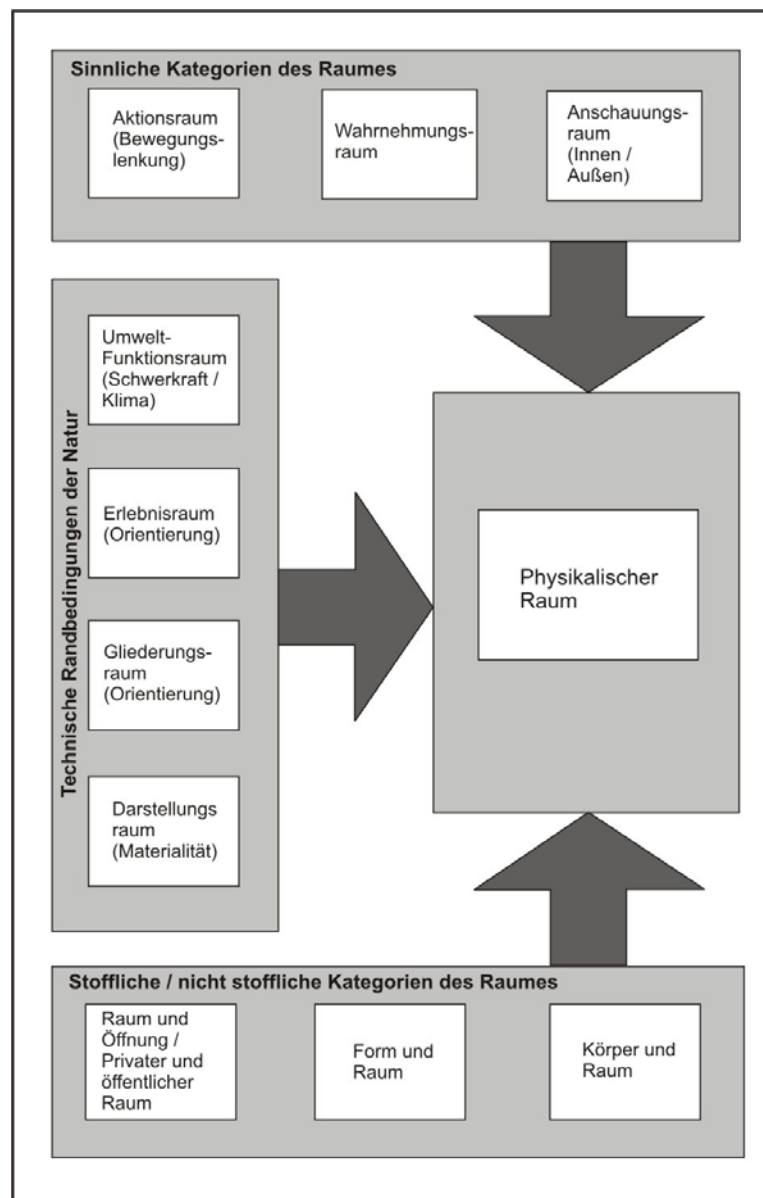


Abb. 17: Die Raumkategorien des architektonischen Raumes in realer Architektur

3.5.1 Umwelt-Funktionsraum

Durch klimatische Verhältnisse, physische Gesetzmäßigkeiten und materielle Abhängigkeiten, denen der Mensch im Umwelt-Funktionsraum ausgesetzt ist, wird sein Leben und die Ausgestaltung seiner baulichen Umwelt bestimmt. Der architektonische Raum ermöglicht ihm das Leben bzw. Überleben in diesem Naturraum.

Eine der wesentlichen Bestimmungen der Architektur besteht darin, den Lebensraum für den Menschen bereitzustellen. Der Großteil der Lebensprozesse vollzieht sich für ihn in der gebauten Umwelt und damit in architektonischen Räumen. Als Träger von sozialen Prozessen ist Architektur als Räumlichkeit durch kein anderes Medium ersetzbar und mit ihr verbunden der Beruf des Architekten als Organisator dieser Räumlichkeit. Durch die architektonischen Strukturen werden in erster Linie gesellschaftliche Strukturen des Einzelnen sowie der gesamten Gesellschaft gesichert.⁹⁵

Eine wesentliche Bestimmung der Architektur besteht in der Bereitstellung von Lebensräumen

3.5.2 Aktionsraum

Die Kategorie des Aktionsraumes beschreibt die bewegungssteuernde Funktion der Wand. Durch seine äußere Beschaffenheit ist ein Raum und damit verbunden seine raumbildende Wand in der Lage, eine bestimmte Richtung bzw. Bewegung vorzugeben. Im täglichen Leben sieht sich der Mensch mit Wänden in Form von Gängen und Fluren konfrontiert, an denen er sich entlang bewegt und die darüber hinaus seine Bewegungsrichtung steuern.

Obwohl sich Architektur durch Materialien statisch manifestiert, ist sie in vielfältiger Weise mit dem Phänomen der Bewegung, bzw. dem Erleben aus der Bewegung heraus, untrennbar verbunden. Als raumbildendes Element ermöglicht sie den Rahmen für die Bewegungsabläufe des Menschen. Besondere Relevanz besitzt die Architektur dabei für die konkrete körperliche Bewegung als Ortsveränderung.

Der architektonische Raum wird durch seine Raumgrenzen definiert. Über die Raumbühne vollzieht sich die optische und physische Raumwahrnehmung. Bezugspunkt des architektonischen Raumes ist der menschliche Körper und seine Bewegung, die Aufschluß über die Art und Dimension des Raumes gibt. Die Gestaltung der baulichen Umwelt resultiert aus den Anforderungen an die Bewegungsabläufe des Menschen, die auf ihn abgestimmt und ihm entsprechen müssen, da die Raumqualität primär durch ein Begehen erfahren wird. Letztlich gründet sich die visuelle Raumerfahrung als Wahrnehmen von Distanzen und Raumgrößen auf die Erfahrung des Menschen, welche er durch die eigene Körpererfahrung gewonnen hat. Die Raumwahrnehmung vollzieht sich durch die Körperbewegung auf einer linearen Ebene, da die Erfahrungen in Bezug zur zurückgelegten Strecke und in zeitlicher Dimension getätigt werden.⁹⁶

Architektur ist in vielfältiger Weise mit dem Phänomen der Bewegung verknüpft

3.5.2.1 Die Bewegung

Unter Bewegung ist im weitesten Sinne jede Veränderung, im engeren Sinne, die stetige Ortsveränderung eines Körpers zu verstehen. Dabei unterscheidet man zwischen absoluter und relativer Bewegung.

Absolute Bewegung ist die Bewegung, die ein Gegenstand besitzt, egal ob er sich im Ruhezustand oder in Bewegung befindet. Das Gesetz der relativen Bewegung dagegen beschreibt die Beziehung zwischen bewegten und unbewegten Gegenständen, bei denen Bewegung und Zeit eine untrennbare Einheit bilden.

Die Zeit kommt durch das Bewußtsein des Menschen zustande, der in der Innen- und Außenwelt eine ständige Veränderung wahrnimmt. Ihr Charakter ist ebenfalls durch einen Bewegungsvorgang gekennzeichnet, indem sie abläuft und vergeht. Eine Bewegung, die von einem Mensch ausgeht, benötigt wiederum die Zeit, um vollzogen zu werden. Die Beziehung von Raum und Zeit definiert A. Appia in seiner Schrift "Reflexionen über Raum und Zeit" folgendermaßen: *„Um den Raum zu messen, braucht unser Körper die Zeit. Die Dauer unserer Bewegung hat ihre Ausdehnung gemessen.“*⁹⁷

3.5.2.2 Der Bewegungsvorgang

In der Eigenbewegung sieht H. Muck⁹⁸ die Voraussetzung zur Raumerfassung. Diese wird im Normalfall durch die Füße des Menschen und den Vorgang des Gehens ermöglicht. Dabei wird das Gehen mit zwei Füßen als prototypische Lokomotion bezeichnet. Sie stellt die anschauliche Aneignung bzw. Bewältigung wegräumlicher Umwelt dar. Die Raumaxiome des begrenzt-seins, zwischen-seins und bezogen-seins (siehe Kapitel 3.4.4) wirken als die Rahmenbedingungen dieser Bewegungsgestaltung, die in vielfältigen Formen zum Ausdruck kommen. Gehen kann diverse Formen, wie laufen, rasen, wandern, kriechen, etc. implizieren.⁹⁹ Beim Menschen ist ein Erkundungsverhalten vorhanden, welches auf die Erkenntnis der Umgebung ausgerichtet ist. Dieses Verhaltensmuster läßt sich an Kleinkindern veranschaulichen, die mit dem Ausstrecken von Händen und Werfen von Gegenständen den Raum in seinen Dimensionen entdecken. Bei der Raumerfahrung des Erwachsenen spielt die Eigenbewegung als Sichtveränderung und Wechsel von Licht-, Luft- und optischen- Verhältnissen eine entscheidende Rolle.

Eigenbewegung ist die Voraussetzung zur Raumerfassung

Beim Bewegungsvorgang ist die Richtung als zweiter Parameter des Bewegungsraumes von entscheidender Bedeutung, der in die drei Dimensionen Höhe, Breite und Tiefe unterteilt wird. Die Höhe beschreibt das Oben und das Unten, wohingegen die Breite die Richtungen links und rechts festlegt werden. Die Tiefe teilt den Bewegungsvorgang in ein Vorn und ein Hinten. Damit sind aus den drei Richtungsebenen die Kombinationen Breite/Tiefe, Höhe/Breite und Tiefe/Höhe ableitbar. Nach B. Krämer erweist sich die Wegrichtung als eine resultierende aus den Komponenten Wegform, Wegschnitt und Wegprofil. *„Die Richtung bezeichnet zum anderen Direktheit der Bewegungsorganisation, mit der das Wegziel erreicht wird. Raum ist nicht identisch mit den begrenzenden Ele-*

*menten. Raum ist das, was zwischen diesen Grenzen ist. Raum ist das Feld zwischen den Körpern.*¹⁰⁰

Die Bewegungsrichtung des Menschen ist gradlinig und vorwärtsgerichtet. Je größer die Bewegungsgeschwindigkeit des Menschen ist, desto größer ist die Anstrengung, die Bewegung in eine andere Richtung zu lenken. Dieser Sachverhalt gilt auch für Vorstellungsbilder von räumlichen Situationen. So wird beispielsweise bei einer in das Gedächtnis gerufenen Wegsituation eine Wegveränderung, die von der Hauptgeraden abweicht, sehr schnell übersehen. Jede Abweichung von der Hauptrichtung läßt das räumliche Vorstellungsvermögen des Menschen sehr leicht verunsichern. Aufgrund psychologischer Versuche an Kindern wurde dieser Sachverhalt erforscht.¹⁰¹ Dazu wurden Kinder mit der Aufgabe betraut, nach Durchschreiten einer Wohnung den Grundriß nachzuzeichnen. Als Ergebnis kann festgestellt werden, daß die zweidimensionale Abfolge der Wohnung auf eine lineare Abfolge reduziert wurde. Begründet wird das Ergebnis durch das menschliche Bewußtsein, welches eine lineare Abfolge leichter erfassen kann als gleichzeitige Verbindungen in einer zweidimensionalen Vielfältigkeit.

Aus den Untersuchungsergebnissen läßt sich folgern, daß Rauminformationen, die statisch visuell aufgenommen wurden, zu Fehlinformationen führen können. Verlässliche Kenntnisse des Raumes und der Umgebung müssen in erster Linie auf die Eigenbewegung und die daraus resultierenden Informationen zurückgeführt werden. Dabei kommt der Wahrnehmung während des Bewegungsvorgangs eine wesentliche Rolle zu. Mit den Augen werden der Raum und seine Elemente wahrgenommen. Öffnungen werden als solche erkannt und Verbindungen zu umgebenden Räumen hergestellt.

3.5.2.3 Bewegungslenkung durch einen Kanal

Durch seine äußere Beschaffenheit und die Form seiner Begrenzung kann ein Raum und die mit ihm verbundene raumbildende Wand eine bestimmte Richtung und damit verbunden eine Bewegung beim Menschen auslösen (s. Abb. 18).

Ein kreisförmiger Raum bildet eine Totalität ohne Unterbrechung aus, welche als angenehm empfunden wird, da die Bewegung des Auges weder gestört noch unterbrochen wird. Die Besonderheit dieser Raumform zeichnet sich dadurch aus, daß es in ihr keinen Anfangs- oder Endpunkt gibt.

Im Gegensatz dazu wirkt ein rechtwinkliger Raum auf den Betrachter viel komplexer. Er wird durch mehrere voneinander getrennte Seiten gefaßt. Die quadratische oder rechtwinklige Form des Raumes bildet deutliche Bewegungsgrenzen für den Menschen. Damit verbunden kann der Raum in einzelne Richtungen, wie vorne, hinten, rechts und links eingeteilt werden.

Ein Raum kann durch seine äußere Beschaffenheit eine Bewegung auslösen



Abb. 18: Bewegungslenkung durch Wände aus dem architektonischen in den Naturraum

Innen- bzw. Außenraum können unterschiedliche Verhaltensweisen beim Menschen hervorrufen, da beide Raumformen in ihrer Beschaffenheit und Dimension sehr unterschiedlich sind. Der Innenraum ist in der Regel gegenüber dem Außenraum in seinen Dimensionen kleiner. Dieser Umstand hat Auswirkungen auf die Bewegungsmöglichkeiten, welche dadurch begrenzt werden, was einerseits ein Gefühl von Einschränkung hervorruft, andererseits aber durch die gezieltere Lenkung der Bewegung das Gefühl von Sicherheit vermittelt.

Aufgrund seiner Dimensionierung wirkt der Außenraum im Gegensatz zum Innenraum unendlich. Er kann leicht ein Gefühl von Verlorenheit und Orientierungslosigkeit beim Menschen hervorrufen. Gegenüber dem Innenraum ist die Bewegung im Außenraum orientierungslos, da wenige oder keine Bezugspunkte vorhanden sind. Auf der anderen Seite ist sie viel uneingeschränkter als im Innenraum und kann dadurch das Gefühl von Freiheit vermitteln.¹⁰²

3.5.2.4 Die seitliche Umfassung

Architektonische Formen als Merkmale und Bestandteile des architektonischen Raumes haben die Aufgabe der Bewegungslenkung sowie eine Empfangs- und Schutzfunktion.

Um einen Nutzer zu einer eindeutig gerichteten Bewegung zu stimulieren, bedarf es in der baulichen Umsetzung eines gerichteten Raumes, der die Bewegung in Form eines Weges oder eines Ganges unterstützt. Bei einem Wegraum ist dabei von besonderer Bedeutung, daß er die Eindeutigkeit des Weges unterstreicht.¹⁰³

Der Aspekt der Bewegungslenkung ist von besonderem Interesse für die virtuelle Architektur, da es bei ihrem Wandelement um eine rein visuelle Begrenzung handelt. Aufgrund dieser Erkenntnis werden Grundlagen für eine experimentelle Untersuchung (s. Kap. 5.4) geschaffen.

Durch die Ausformung der Umgebung mit Hilfe eines schmalen Kanals kann die Fortbewegung des Menschen im Raum gesteuert werden. Bei einem Gebäudeentwurf muß der Architekt unter funktionalen Aspekten Durchgänge und Aufenthaltsorte miteinander kombinieren. Ein sehr effektives Mittel ist die strenge Führung durch einen schmalen Kanal, mit dem sich die Fortbewegung des Nutzers steuern läßt. Wird der Richtungsimpuls sehr ausgeprägt, ist es möglich, den Nutzer von der Hauptachse seiner Gehrichtung abzubringen.¹⁰⁴

Wird auf die Unterstützung durch eine seitlich führende Wand verzichtet, kann sie beim Menschen das Gefühl von Freiheit hervorrufen. Realisiert wird die Bewegungslenkung dann nicht primär durch die seitliche Unterstützung der Wand, sondern durch die Anziehungskraft eines Zieles.

Die Bedeutung der seitlichen Umfassung sieht W. Rother¹⁰⁵ nicht allein in der Bewegungslenkung, sondern auch darin, daß eine visuelle und akustische Kommunikation ermöglicht wird. Außerdem erfüllen seitliche Begrenzungselemente einen, wenn auch beschränkten, Klimaschutz. In Abhängigkeit ihrer materiellen Beschaffenheit und ihrer Gestalt sind seitliche Begrenzungen das wesentliche Mittel der Bewegungslenkung und der Kontrolle der Kommunikation.

Als Formen der seitlichen Begrenzung spielen Mauer und Zaun in allen Kulturkreisen eine bedeutende Rolle. Es besteht ein mehr oder weniger ausgeprägtes Interesse daran, seinen Wohnbereich gegenüber anderen Personen abzugrenzen.¹⁰⁶

Für R. Arnheim¹⁰⁷ ist die Bedeutung der Begrenzungslinie darin zu sehen, daß sie in den angrenzenden Flächen oder Körpern ungleiche Bedingungen herstellt und damit eine unterschiedliche Dynamik schafft. Eine Ausnahme bildet dabei die symmetrische Begrenzungslinie.

Neben der Bewegungslenkung ermöglicht die seitliche Umfassung visuelle und akustische Kommunikation

3.5.2.5 Räume des Körpers

In einem direkten Kontakt zum Raum steht der menschliche Körper, da er seine Erfahrungsgrundlage bildet. O. F. Bollnow¹⁰⁸ untergliedert den Körper umgebenden Raum in einen allgemeinen und einen persönlichen Raum.

Der allgemeine Raum ist durch seine Statik und Unabhängigkeit vom menschlichen Organismus gekennzeichnet. Als Beispiele führt Bollnow den architektonischen Raum der Stadt und den natürlichen Raum der Landschaft an. In ihm sind die Richtungen oben, unten, vorne und hinten unabhängig von der persönlichen Lage des Menschen festgelegt.

Im Gegensatz dazu wird der persönliche Raum durch seine Dynamik und eine enge Verknüpfung mit dem erlebenden Subjekt bestimmt. Je nach den persönlichen Empfindungen wird der Raum als sehr nah oder sehr fern aufgefaßt.

Der persönliche Raum wird in die Richtungen vorne, hinten, links, rechts, oben und unten strukturiert. Diese drei Richtungen beziehen sich auf den gesamten menschlichen Körper und treten in den verschiedenen Regionen besonders deutlich in Erscheinung.

Im Bereich der Beine wird eine Vertikaldynamik deutlich, die eine Verbundenheit mit dem Erdboden signalisiert. Die wichtigste Fähigkeit der Beine besteht darin, dem Menschen die Möglichkeit zu geben, sich frei durch den Raum zu bewegen. Mit den Körperteilen der Beine hat er die Möglichkeit, selbst zu entscheiden, an einer Stelle im Raum zu verweilen oder diese wieder zu verlassen. In den Beinen ist die Vertikale am stärksten von allen Körperregionen repräsentiert und es kommt zum Zusammenwirken von zwei entgegengesetzten Kräften, die sich durch die Polarität der Verwurzelung mit dem Boden und seiner Loslösung auszeichnet.¹⁰⁹

Im Gegensatz dazu repräsentieren die Arme die Richtung der Horizontalen. An ihnen wird primär das Verhältnis von Enge und Weite des persönlichen Raumes abgelesen. Durch das Zusammenwirken der Beine sind die Arme die am weitesten in den Raum ausgreifenden Körperteile. In erster Linie vollzieht sich der Kontakt zur Außenwelt über diese beiden Körperregionen. Als freistehende Körperteile übernehmen sie die Rolle des Übergangs vom allgemeinen zum persönlichen Raum.¹¹⁰

Besonders stark tritt der Bereich Innen und Außen an den Handgelenken in Erscheinung. An diesem Körperteil wird durch die Handfläche und den Handrücken wie an keinem anderen Körperteil eine Unterscheidung von zwei Seiten symbolisiert.¹¹¹

Aus dem Spannungsfeld zwischen dem Ich, dem Körper und der Welt entsteht nach O. F. Bollnow¹¹² die Bewegung. Dabei ist die Bewegung nicht nur ein im psychologischen Sinne aufgefaßtes Geschehen, sondern das Verhalten des Menschen zur Welt.

3.5.3 Darstellungsraum

Die Kategorie des Darstellungsraumes beschreibt den architektonischen Raum als einen konkreten, erfahrbaren Raum, der durch Materialien nicht nur visuell, sondern auch haptisch erlebt werden kann. Aufgrund seiner Materialität erfährt er eine Form der Begrenztheit und ist darüber hinaus physischen Gesetzmäßigkeiten unterworfen.

Gegenüber den formalen und psychologischen Räumen der Mathematik, der Naturwissenschaft oder Philosophie sieht W. Meisenheimer¹¹³ den architektonischen Raum als einen Darstellungsraum, da seine Eigenschaften und die Technik seiner Darstellung wesentlich an die Materialität und Phänomenalität seiner Elemente gebunden sind. Der architektonische Raum ist ein vom Menschen künstlich hergestellter Raum. Alle Raumschöpfungen der Technik und der Bildenden Kunst sind materielle Räume, die ihrer Existenz an ein konkretes Material gebunden sind, welches spezifische stoffliche Eigenschaften besitzt. Durch seine Gebundenheit an konkrete Materialien ist der Darstellungsraum Teil der materiellen Welt und damit in das Funktionsgefüge der Umwelt eingespannt und ihren Naturgesetzmäßigkeiten unterworfen. Architektonischer Raum ist Folge und Voraussetzung der baukörperlichen Existenz.

Aus dieser Abhängigkeit vom Baulichen resultiert für den architektonischen Raum auch eine Begrenztheit, da nur das realisiert werden kann, was technisch herzustellen ist. Das Dach eines Raumtragwerks kann beispielsweise nur bis zu einem bestimmten Maß auf zwei Stützen aufgelagert werden (s. Abb. 19). Soll der

Aus der Abhängigkeit vom Baulichen resultiert eine Begrenztheit

Abstand zwischen den Stützen und damit der Raum vergrößert werden, muß sich der Architekt einer Hilfskonstruktion in Form einer weiteren Stütze oder eines Unterzuges bedienen. Für das Errichten des architektonischen Raumes müssen zunächst die wesentlichen Eigenschaften der Statik und Standfestigkeit durchgesetzt werden, welche als Sekundärfunktionen bezeichnet werden, ehe die auf den Raum gerichteten Primärfunktionen, wie Nutzung und Wohnlichkeit realisiert werden können.

Da der virtuelle Raum und die in ihm enthaltene Architektur weder an materielle Abhängigkeiten noch an physische Gesetze gebunden ist, müssen bei der Gestaltung keine Sekundärfunktionen berücksichtigt werden, welche dem Architekt eine möglichst große Freiheit in der räumlichen Realisierung offeriert.



Abb. 19: Materialität als Begrenzung des architektonischen Raumes. Hamburger Bahnhof in Berlin

In ihrer stofflichen Erscheinung ist Architektur nicht von den unbelebten Dingen in der Umwelt zu unterscheiden, da beide Formen den Naturgesetzmäßigkeiten unterworfen sind. Architektur muß aber immer im Zusammenhang mit dem Menschen gesehen werden. Die primäre Funktion des architektonischen Raumes besteht darin, Raum für Aktivitäten des täglichen Lebens zur Verfügung zu stellen. Damit steht der architektonische Raum gegenüber dem natürlichen Raum nicht nur in einer Abhängigkeit zu den Bedingungen in der Umwelt, sondern auch zu den Gesetzen menschlicher Entwicklung und den gesellschaftlichen Gegebenheiten und wird dadurch von seiner Entwicklung und seinem geistigen Potential wesentlich geprägt.

Als unabdingbaren Bestandteil sieht W. Meisenheimer die Rolle des Materials in der Gestaltung von Architektur: *„Das Material ist das elementarste Gestaltungselement in der Architektur überhaupt. Es trägt alle anderen Gestaltungselemente als Überstrukturen. Von seiner konkreten Existenz und seinen Gestaltstrukturen hängt für die Architektur vor allem die Schaffung des Innenraumes ab. Das ist das eigentliche Ziel der architektonischen Gestaltung: Durch*

*stufenweise Strukturierung von Material zur Schaffung von Raum.*¹¹⁴

Der Zusammenhang von Material und Raum wird schon bei Aristoteles als „Materiale Raum-Erkenntnis“ bezeichnet.¹¹⁵ Seine Lehre von Stoff und Form stellt die Form das Umgrenzende des Gegenstandes dar und tritt äußerlich als Schema (Gestalt) und innerlich als Eidos (Wesensbild) in Erscheinung.

In diesem Zusammenhang ist auch die Raumdefinition von J. Joedicke zu verstehen, der den architektonischen Raum als Summe der Beziehungen zwischen Orten definiert. Die Art der Orte als natürliche oder gebaute Orte bestimmen den Natur-, Architektur- oder Stadtraum. Der von Joedicke verwendete Begriff des Ortes beschreibt materiell fixierte Ortsbestimmungen, die sich als punktförmige, linienförmige oder flächige Materialien artikulieren und in einem bestimmten Abstand zueinander stehen. Wichtig ist für Joedicke dabei, daß der Abstand in der Relation zum Betrachter immer dreidimensional und damit räumlich erscheint.¹¹⁶

3.5.4 Wahrnehmungsraum

Der Wahrnehmungsraum beschreibt die Wechselbeziehung zwischen dem Lebewesen Mensch und seiner architektonischen Umwelt. Obwohl der Großteil an Informationen visuell aufgenommen wird, wirken bei der Raumwahrnehmung des Menschen alle Sinnesorgane zusammen und vermitteln ihm sein Bild der Welt.

Auch ohne jede Form der Fortbewegung steht der Mensch in einem direkten Kontakt zum Raum. Dabei wird durch die einzelnen Sinne eine jeweils andere Verbindung zur Raumwahrnehmung hergestellt. Bei der Architekturwahrnehmung sind in der Regel alle bedeutenden Rezeptorensysteme, wie Augen, Ohren und Muskeln am Wahrnehmungseindruck beteiligt. Der Vorgang des Zusammenwirkens der einzelnen Sinne im Prozeß der Wahrnehmung wird als Synästhesie bezeichnet. Von den Sinnesorganen werden die einzelnen Reize aufgenommen und durch das zentrale Nervensystem miteinander verknüpft.¹¹⁷

Der Mensch steht auch ohne jede Fortbewegung über die Sinne in Kontakt zum Raum

3.5.4.1 Der visuelle Raum

Architektur als Bestandteil der räumlichen Umwelt wird vom Menschen im wesentlichen durch den Gesichtssinn wahrgenommen, wobei er ca. 80-90 % der Umweltinformationen über die Augen bezieht.¹¹⁸ Von den nach außen gerichteten Sinnesorganen besitzen sie die größte Aufnahmekapazität für Informationen und können dadurch eine Datenmenge mit viel größerer Geschwindigkeit zum Nervensystem befördern, als es durch den Tastsinn oder das Gehör möglich ist. Durch ein ständig wechselndes Lichtmuster entsteht der visuelle Bereich des Menschen, welcher von der Retina im Auge aufgezeichnet wird.¹¹⁹

Für den Menschen entwickelt sich das Bild vom Raum nach H. Muck durch die Leistung seiner Vorstellung, indem er diverse Eindrücke unter der Wirkung eines entwickelten Raumsinns zu einer Gesamtvorstellung zusammenfügt. Mit den Augen kann immer nur

ein Teilbereich des Raumes wahrgenommen werden, welches auf die anatomischen Gegebenheiten des Menschen zurückzuführen ist, indem die einzelnen Ausschnitte kombiniert und interpretiert werden. In diesem Zusammenhang spricht H. Muck von der Gestaltbildung in der Wahrnehmung der Umwelt.¹²⁰

In ähnlicher Weise wird die Verbindung von Raum und Wahrnehmung von J. Joedicke¹²¹ interpretiert, indem er den architektonischen Raum als Summe der wahrnehmbaren Beziehungen zwischen architektonischen Orten beschreibt. Damit ist der architektonische Raum an den Menschen und seine Wahrnehmung gebunden. Joedicke erweitert den Begriff des Wahrnehmungsraumes zum Innenraum. Dabei ist es unerheblich, ob es sich um einen Wohnraum innerhalb eines Gebäudes oder einen von Gebäuden umgrenzten städtischen Raum handelt, denn der Raum bleibt durch die Wahrnehmung immer ein begrenzter Innenraum. Im Gegensatz zum architektonischen Raum kann der unendliche Raum nicht wahrgenommen, sondern nur gedanklich erfaßt werden.

Obwohl die Anzahl an Sinnesorganen und die Verarbeitung von Informationen bei jedem Menschen gleich sind, ruft eine räumliche Umgebung unterschiedliche Reaktionen und Empfindungen hervor. Offenbar findet eine Filterung der Raumwahrnehmung durch die persönlichen Erfahrungen und Erinnerungen des Individuums statt. Gestützt wird dieser Ansatz von F. X. Baier¹²², der seine Raumtheorie aus der Distanz, die das Subjekt Mensch zum Objekt Architektur einnimmt, ableitet. Dabei kommt der visuellen Wahrnehmung eine Schlüsselposition zu, die aufgrund kultureller Einbindung und Sozialisierung zwischen den Individuen sehr stark variiert. Die Elemente des architektonischen Raumes erzeugen Objekte, die eine Distanz aufbauen und den Menschen zu Subjekten unterwerfen. Durch die Distanz der Gegenüberstellung entsteht der Raum, welche die Architektur zwischen dem Objekt und dem wahrnehmenden Subjekt aufbaut.

Dieselbe räumliche Umgebung kann unterschiedliche Reaktionen hervorrufen

Da die Wahrnehmung infolge des kulturellen Umfeldes und der Sozialisation bei jedem Menschen unterschiedlich ist, wird der objektive Architekturraum subjektiv wahrgenommen und individuell interpretiert.

3.5.4.2 Taktile- und haptischer Raum

Der menschliche Tastsinn ist der einzige Sinn, der kein eigenes Organ besitzt. Tasten vollzieht sich über die verschiedenen Rezeptoren, die auf und unterhalb der gesamten Körperoberfläche der Haut verteilt sind. Diese Rezeptoren werden unter dem Begriff des Somatosensorischen Systems zusammengefaßt.¹²³

Als taktile Wahrnehmung wird das Aufnehmen mechanischer Reize über die Haut bezeichnet. Bei der Wahrnehmung von Reizen über die Haut tritt in der Regel beim Tasten eine gleichzeitige Stimulierung in den Gelenken auf, welches als kinästhetische Wahrnehmung bezeichnet wird. Unter dem Begriff der haptischen Wahrnehmung wird die Kombination aus taktilen und kinästhetischen Sinneseindrücken subsumiert.¹²⁴

Neben den Sinnesorganen Augen und Ohren, über die der Mensch einen Großteil seiner Umwelt-Informationen bezieht,

kommt der Haut als Hauptsinnesorgan eine wesentliche Rolle bei der Raumwahrnehmung zu. Dabei ist ein Teil der Raumperzeption des Menschen auf die Empfindungs- und Kommunikationsqualität der Haut zurückzuführen. Zwei Arten von Nerven, sogenannte Rezeptoren sind für die Informationsübertrag verantwortlich.

Die Propriozeptoren informieren den Menschen über seine Umwelt bei der Muskelbetätigung. Durch ihre Funktion der Informationsübermittlung ermöglichen sie einen reibungslosen Bewegungsablauf des Körpers.

Die Nervengruppe der Exteriozeptoren ist dafür verantwortlich, daß Empfindungen, wie Hitze, Kälte oder Schmerzen an das zentrale Nervensystem weitergeleitet werden.¹²⁵

O. F. Bollnow¹²⁶ beschreibt die Haut als eine variierende Grenze, indem sie den Menschen von seiner gegenständlichen Umwelt trennt. In ihr begegnen sich die Welt und das Ich unmittelbar. Die Zusammenführung von Eigenem und Anderem im Taktilen läßt diesen Sinn als äußerst persönlich für den Menschen erscheinen. Dabei wird im Taktilen besonders deutlich, daß es sich beim Menschen um ein Lebewesen mit Ausdehnung und Begrenzung handelt. Der Körper als das Eigene grenzt an die architektonische Welt als das Andere, indem sich die Masse des Menschen gegen die Masse der Welt behaupten muß. Von O.F. Bollnow wird zur Veranschaulichung ein Mensch angeführt, der in einem Gewässer badet und dessen eigene Masse der Masse des Wassers in dem Moment ausweichen muß, indem er es betritt. Die Materialität des Körpers steht gegen die der Welt und der Raum der Haut bildet den Grenzbereich.

3.5.4.3 Verbindung visueller- und taktiler Raum

Die Verbindung von Tastsinn und visueller Raumerfahrung wird von E. Hall¹²⁷ als so stark angesehen, daß sie nicht allein für sich existieren können. Dieser Sachverhalt läßt sich an Kleinkindern veranschaulichen, die nach allen Gegenständen greifen, die in ihre Reichweite gelangen und sie danach in den Mund stecken. Es dauert einen Zeitraum von mehreren Monaten, bis sie den Tastsinn der visuellen Erfahrungswelt unterordnen. Der Psychologe Gibson bezieht ebenfalls Sehen und Tasten aufeinander und unterscheidet zwischen aktiver und passiver Berührung.¹²⁸ Gibson konnte nachweisen, daß eine aktive Berührung Versuchspersonen in die Lage versetzte, Objekte, die dem Anblick entzogen waren, mit ca. 95% Genauigkeit zu reproduzieren. Im Gegensatz dazu war bei der Gruppe von Versuchspersonen mit passiver Berührung nur eine Genauigkeit von 49% festzustellen.

Tastsinn
und visuel-
le Raumer-
fahrung
können
nur in
Kombina-
tion mit-
einander
existieren

Die Beziehung zwischen visueller und haptischer Wahrnehmung ist für die virtuelle Architektur von besonderer Bedeutung, da in ihr die Informationsaufnahme in erster Linie rein visuell abläuft und eine haptische Wahrnehmung nur mit aufwendigen technischen Hilfsmitteln zu realisieren ist. Hier wird für die Ausrichtung der Experimente (s. Kap. 5.4) von besonderem Interesse sein, wie die mit Hilfe visueller Mittel haptischen Aspekte zu simulieren sind.

Einen weiteren Aspekt für die Verknüpfung von taktiler und visueller Raumerfahrung kann man daran verdeutlichen, wenn aufgrund äußerer Umstände die optische Orientierung nicht mehr gewähr-

leistet ist. In diesem Fall versucht sich der Mensch durch Tasten im Raum zu orientieren. Dabei vermittelt das Taktile den Kontakt zur räumlichen Umgebung. Hat diese Umgebung einen befremdlichen Charakter, versucht der Mensch den Kontakt zu vermeiden bzw. auf ein minimales Maß zu reduzieren.

In einem Experiment mußte sich eine Gruppe von Personen über einen Zeitraum von zwölf Stunden in ein leeres Schwimmbecken begeben, um durch bewegen, tasten und hören den Raum wahrzunehmen (s. Abb. 20 und 21). Das Ziel des Versuches bestand darin, den Menschen dafür zu sensibilisieren, daß nicht nur die visuellen Sinnesorgane bei der Raumwahrnehmung beteiligt sind, sondern daß sich die Raumwahrnehmung aus dem Zusammenwirken aller Sinnesorgane herleitet.

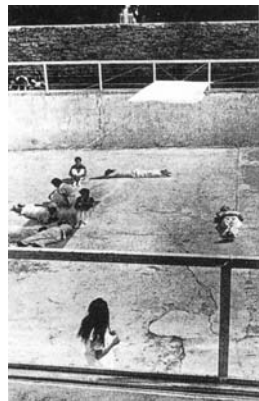


Abb. 20 und 21: Bewußte Wahrnehmung des architektonischen Raumes durch alle Sinnesorgane. Gruppenexperiment zur Raumwahrnehmung in einem leeren Schwimmbecken.

Die Bedeutung der haptischen Wahrnehmung sieht K. Baumann et al.¹²⁹ darin, daß die Entwicklung optischer Raumvorstellungen nicht ohne das Erasten der Umwelt möglich ist. Im täglichen Leben werden ständig optische Eindrücke haptifiziert und durch Erinnerungen an Tasteindrücke Tastvorstellungen umgesetzt. Gestützt wird diese These von E. Hall¹³⁰, der die Bedeutung des Tastsinns darin sieht, daß über ihn fast ausschließlich Oberflächenstrukturen wahrgenommen werden, auch wenn diese visuell präsent sind. Die sensorischen Fähigkeiten der Haut, auf Wärme- und Strukturveränderungen zu reagieren, haben nicht nur den Zweck, den Menschen über Gefühlsveränderungen zu unterrichten, sondern um ihm auch sehr persönliche Informationen aus seiner Umwelt zu liefern. Der Mensch kann als ein Individuum gesehen werden, das visuelle-, haptische- und thermische Aspekte besitzt, die er durch seine Umwelt entweder unterdrückt oder zur Geltung bringt. Die Wahrnehmung der Temperatur hat in dem Sinne eine besondere Bedeutung, da sie dazu beiträgt, wie ein Mensch eine Ansammlung von Personen in einem Raum empfindet. dabei setzt eine Art Kettenreaktion ein, wenn nicht genügend Raum zur Verfügung steht und sich die abgesonderte Körperwärme aufzustauen beginnt.

Da der Mensch seine Umwelt durch die Sinne wahrnimmt, kann sich der Raum in unterschiedlicher Weise darstellen und so-

wohl als Unterkunft, aber auch als Bedrohung empfunden werden. Die Beziehung von Mensch und Raum bringt Merleau-Ponty auf die Formel: *„Raum ist nicht einfach das Andere, durch das ich mich hindurchbewege oder gegen das ich meinen Platz verteidigen muß, sondern auch das Eigene, das Vertraute, das selbstverständlich mir gehört.“*¹³¹

In der Entwicklungspsychologie spielt der Begriff des Raumes und seiner Wahrnehmung eine zentrale Rolle. Kleinkinder lernen erst im Laufe ihrer Entwicklung, die dritte Dimension zu beherrschen. Dabei stützen sie sich zunächst noch stark auf den Tastsinn, welcher ihnen in erster Linie topologische Informationen über den Aufbau des wahrgenommenen Raumes bietet. Gegenstände und deren Einzelteile werden als benachbart oder getrennt wahrgenommen.¹³²

Für die Raumwahrnehmung ist das Grundorientierungssystem von großer Bedeutung, welches das Empfinden der Richtungen oben, unten, vorne und hinten festlegt. Neben der visuellen Wahrnehmung, die die Tiefe des Raumes und die Art der Raumbegrenzung erfaßt, kommt auch der akustischen Wahrnehmung eine besondere Rolle zu. Von den Elementen des architektonischen Raumes können sich Schallwellen zentrisch ausbreiten und als akustische Signale in Form von Schritten, Rufen oder Sprache aufgenommen werden.

Beim Durchschreiten eines Raumes werden Geräusche wahrgenommen, die beispielsweise von den Schuhen verursacht und von den Wänden aufgefangen und reflektiert werden. Dadurch verändert sich die Raumwahrnehmung der im Raum befindlichen Personen und ihren Bewegungen.

Darüber hinaus wird beim Gehvorgang die Bewegung der Gelenke wahrgenommen. Die Wahrnehmung ist davon abhängig, wie der Bewegungsuntergrund ausgebildet ist. Der Widerstand des Bodens auf die Gelenke wird bei einem weichen Untergrund, wie es beispielsweise ein Teppichboden darstellt, eher gedämpft, als wenn sich eine Person über eine asphaltierte Oberfläche bewegt.

Nach E. Liechti¹³³ ist die Entwicklung und die Leistung der Sinnesorgane ist auf das engste mit der Lernfähigkeit des Menschen verknüpft. Er ist in der Lage, nur das zu denken und zu interpretieren, was er auch wahrnehmen kann. Da über das körperliche Erleben eine Realitätsbeziehung zu Stande kommt, kann bei vermehrter Interaktion mit der Umwelt der Bezug zur Realität hergestellt bzw. beibehalten werden. Treten andererseits verminderte Interaktionen zwischen Körper und Umwelt auf, können diese zu Störungen in der Realitätswahrnehmung bzw. im Extremfall zum Realitätsverlust führen.

Neben der visuellen besitzt die akustische Wahrnehmung eine besondere Bedeutung

3.5.5 Erlebnisraum

Die Kategorie des Erlebnisraums beschreibt den Einfluß der Wand als Bestandteil des Raumes auf die Orientierung des Menschen. Ihm kommt die Rolle als optisches Bezugssystem zu, indem die Hauptachsen aus der Horizontalen und der Vertikale gebildet werden, die aus der Schwerkrafteinwirkung resultieren.

Durch die Sinnesorgane nimmt der Mensch den architektonischen Raum wahr und erlebt ihn. Dieser erlebte Raum ist in seinen Dimensionen ungleichwertig und kann als inhomogen bezeichnet

werden. Damit steht er im Gegensatz zum mathematischen oder physikalischen Raum. Den Erlebnisraum definiert D. Salzmann¹³⁴ als eine Raumqualität, die durch die Reduktion des Lebensraumes auf das von einem Subjekt tatsächlich erlebte zu Stande kommt. Unter dem Subjekt ist der Mensch zu verstehen, der den Raum erlebt und der für ihn damit zum Innenraum wird.

Um sich in seiner Umwelt zu orientieren, muß sich der Mensch ein inneres Bild dieser Welt verschaffen. Dieses interne Modell der Wirklichkeit, welches durch die Aufnahmefähigkeit des Gehirns und die Möglichkeit Informationen zu sammeln und zu verarbeiten, ermöglicht wird, basiert auf der Bewußtseinsstruktur. Als Bezugssystem für alle von den Sinnesorganen aufgenommenen Informationen sichert es das Erkennen von Objekten und Zusammenhängen und damit die Orientierung im weitesten Sinne. Dieser von K. Lewin auf einer allgemeinen sozialpsychologischen Ebene entwickelte Ansatz wurde von K. Lynch¹³⁵ auf die Architektur übertragen, indem er das Vorstellungsbild des Menschen in einer Stadt auf eine begrenzte Anzahl markanter Elemente reduziert hat.

3.5.5.1 Horizontale / Vertikale

Durch Bezugsobjekte im Raum wird die optische Orientierung des Menschen realisiert. In einem völlig leeren und unbegrenzten Raum ist eine optische Orientierung der Richtungen von oben und unten sowie vorne und hinten nicht möglich. Als Bezugssystem dient der definierte Raum. Die Hauptachsen dieses Systems bilden die Horizontale und die Vertikale. Dabei bevorzugt das menschliche Auge das Sehen von horizontalen und vertikalen Objekten gegenüber der Wahrnehmung schräger Bezugsebenen. Ausgerichtet auf die Vertikale ist die optische Wahrnehmung, da Differenzen in der Höhe viel eher wahrgenommen werden als solche in der Breite. Im Gegensatz dazu orientieren sich die Handlungen an der als eher neutral empfundenen horizontalen Ebene.

Der vom Menschen als inhomogen erfahrene Lebensraum ist asymmetrisch und in ihm nimmt die Vertikale als dominierende Richtung unter allen möglichen dreidimensionalen Raumrichtungen eine Sonderstellung ein. Sie dient den anderen Richtungen als Achse und Bezugssystem. Die Asymmetrie des wahrgenommenen Raumes gründet sich auf die eingeschränkte Sinneserfahrung des Menschen. Ein täglicher Vorgang ist die Ausrichtung von Objekten zur Vertikalen ist. Bei der Betrachtung eines Bildes, welches schief an einer Wand zu hängen scheint, wird die Ausrichtung zur Vertikalen als Maß der Beurteilung herangezogen und gegebenenfalls korrigiert.

Als Bezugspunkt und Nullniveau dient die horizontale Ebene, von der aus alle vertikalen Abstände gemessen werden. Bewegt sich der Mensch nach oben, werden diese Abstände als Höhen wahrgenommen und als Tiefen, wenn er sich nach unten bewegt. Durch die auf der Erde wirkende Schwerkraft wird die Vertikale zu einer dominierenden Richtung. Jede andere Raumlage wird entsprechend ihrer Beziehung zur Vertikalen wahrgenommen. Diese vom Menschen verinnerlichte „Norm“ der Senkrechten ist nur mit Hilfe eines erheblichen Aufwandes außer Kraft zu setzen, indem man eine Umgebung erstellt, in der sich alle sichtbaren Formen in einer Schräglage befinden. In einer solchen Umgebung wird der Mensch

Die Hauptachsen der optischen Orientierung werden aus der Horizontalen und der Vertikalen gebildet

veranlaßt, zu glauben, daß die Schwerkraft an seinem eigenen Körper in eine geneigte Richtung wirkt.

Im menschlichen Raumsystem legt die vertikale Richtung die Horizontale als einzige Ebene fest, für die die Vertikale eine Symmetrieachse darstellt. Es ist die einzige Ebene, in der man sich frei in jeder Richtung bewegen kann, ohne das Gefühl zu haben, man bewege sich aufwärts oder abwärts. Die horizontalen Richtungen stellen nach Chr. Norberg Schulz den konkreten Wirkungsbereich des Menschen dar.¹³⁶

Da im virtuellen Raum keine physischen Gesetze wie die Schwerkraft vorhanden sind, bietet sich eine Untersuchung in Form eines Experimentes an, welches der Frage nachgeht, welche Bedeutung die aus der Schwerkraft resultierenden Strukturen für die virtuelle Architektur besitzen (s. Kap. 5.3).

Neben der Schwerkraft bildet nach H. Schöne¹³⁷ die optische Raumvertikale einen weiteren, wichtigen Bezugspunkt für die Vertikalorientierung. Sie ist eine in der Struktur des optischen Umfeldes verankerte Bezugsrichtung, die der Schwerkraft vergleichbar, als Vertikalgröße in die Wahrnehmung mit eingeht.

Die Gliederung in horizontaler und vertikaler Ausdehnung ist ebenfalls in der natürlichen und künstlichen Umwelt des Menschen wiederzufinden. In der architektonischen Umwelt herrscht eine Dominanz von schwerkraftbezogenen Konturen vor. Als Beispiele lassen sich Traufkanten, Firste oder Simse bei Gebäuden anführen. Dieses von H. Schöne¹³⁸ als optische Vertikal- Horizontaldominanz bezeichnete Phänomen, welches auch in der Natur vorkommt (s. Abb. 22), ist das Ergebnis der Gesetze der Statik und damit auf das Einwirken der Schwerkraft zurückzuführen.



Abb. 22: Dominanz von horizontalen und vertikalen Konturen in der gebauten und in der natürlichen Umwelt

Mit den Gegensätzen zwischen der Vertikalen und der Horizontalen sind die Begriffspaare oben und unten sowie rechts und links verbunden, wobei sich das erste Begriffspaar auf die Vertikale und das zweite Begriffspaar auf die Horizontale bezieht.

3.5.5.2 Orientierung zur Schwerkraft

Über diverse Sinnesorgane wird die Körperlage im Raum wahrgenommen, wovon der visuellen Wahrnehmung eine übergeordnete Rolle zukommt. Ein methodisches Mittel, um den Schwerkrafteinfluß auf die Wahrnehmung der Körperlage zu untersuchen ist die Zentrifuge.¹³⁹ Die Wirkung von Zentrifugalkräften auf die Raumwahrnehmung ist von einem Besuch in einem Vergnügungspark bekannt, bei dem man sich in ein sich um die eigene Achse drehendes Karussell begibt. Beim Betrachten von Objekten in der Umgebung scheinen diese nicht mehr senkrecht, sondern zum Betrachter geneigt zu stehen. Die Zentrifugalkraft dominiert die Erdanziehungskraft, welche auf alle Objekte wirkt, die sich auf der Erde befinden, ganz gleich, ob es sich dabei um tote oder lebende Materie handelt. Sie bildet den Reiz für die Schweresinnesorgane des Menschen und das Bezugssystem für die Raumwahrnehmung.

3.5.5.3 Raumkonstanz

Beim Betrachten eines Raumes wandert der Blick des Menschen über Gegenstände und es entsteht eine Abfolge aus bewegten Bildern auf der Netzhaut. Obwohl sich der Blick auf der Netzhaut bewegt, wird die Umwelt als ruhend vom Betrachter wahrgenommen. Auf ähnliche Weise führt eine Neigung des Körpers zur Seite nicht dazu, daß die wahrgenommenen Objekte aus der Lotrechten zur Körperachse verschoben werden. Obgleich die Sinnesorgane eine Veränderung in Richtung, Entfernung und in der Größe registrieren, behalten die wahrgenommenen Objekte ihre räumlichen Eigenschaften. Diese Leistungen der Raumwahrnehmung bei Mensch und Tier werden als Raumkonstanz bezeichnet und gelten als grundlegende Voraussetzung für einen räumlich geordneten Ablauf des Verhaltens von Mensch und Tier.¹⁴⁰ In einer Umgebung, die sich bei jeder Eigenbewegung zu verändern scheint, ist eine sinnvolle Wechselwirkung von Mensch und Umwelt und damit ein normales Verhalten nicht zu gewährleisten.

Für die menschliche Wahrnehmung wird als raumkonstant bezeichnet, wenn bei einer objektiven Änderung der räumlichen Beziehungen die Raumzuordnung der Objekte als stabil empfunden wird. Bei der Art der Konstanzleistungen unterscheidet Bischof drei Prinzipien: Das Rekonstruktionsprinzip, das Korrekturprinzip und das Kompensationsprinzip.¹⁴¹

Beim Rekonstruktionsprinzip verläßt sich der Mensch beim Aufbau seiner Bezugsgrößen auf von ihm erwartete Regelmäßigkeiten (Redundanzen). Die Bezugsgrößen werden als raumfest wahrgenommen und der Mensch rechnet damit, daß eine häufig wiederkehrende Zahl vorhandener Raummerkmale die stabile Umwelt seines Lebensraumes anzeigt.

Daneben fungiert das Kompensationsprinzip als eine Art Indikator für wahrgenommene Veränderungen in der Umwelt, die als Störungen zu interpretieren sind und die es zu beheben gilt. Als Beispiel für die Kompensation durch ein zweites sensorisches Signal kann man die Vertikalkonstanz in der menschlichen Raumwahrnehmung anführen. Bei einer seitlichen Neigung scheint der gesehene Gegenstand seine Ausrichtung zur Vertikalen beizubehalten, obwohl sich das Bild auf der Retina verändert. Diese Störung wird durch das Signal über die Lageänderung des Körpers kompensiert.

Die Raumkonstanz gilt als Voraussetzung für den räumlichen Ablauf bei Tier und Mensch

Im Korrekturprinzip liefern mehrere Bezugsgrößen die Signale über die gleiche Raumbeziehung, welches als Prinzip der doppelten Sicherung bezeichnet wird. Für die menschliche Raumwahrnehmung stehen mehrere Vertikalsignale zur Verfügung. Die Augen empfangen ein Signal über die optische Raumvertikale und im Schweresinnesorgan in den Ohren wird ein weiteres Signal aufgenommen und miteinander kombiniert.

3.5.6 Gliederungsraum

Mit dem Gliederungsraum wird die Funktion der Wand als Architekturelement beschrieben, welche als Teil eines Systems einer Ordnung unterworfen ist. Dabei sind zwei Arten von Ordnungen zu unterscheiden: Die konstruktive und die funktionelle Ordnung, welche aus dem Einfluß physischer Gesetze und den Anforderungen an die Nutzbarkeit des Raumes resultieren.

Architektur entsteht aus dem Gefüge diverser Elemente. Ein Raum setzt sich in der Regel aus den Elementen Wand, Decke und Boden zusammen. Die Beziehung dieser Elemente untereinander ist geregelt, d.h. sie sind alle Teile eines Ordnungssystems, welches für den Menschen sehr einfach und übersichtlich, aber auch sehr komplex und unüberschaubar erscheinen kann.

Ein Ordnungssystem zieht sich durch alle Ebenen der Komplexität und je umfangreicher seine Struktur ist, desto größer ist das Bedürfnis, diese durch eine Ordnung in einen überschaubaren Zusammenhang zu bringen.

Zu den häufigsten Quellen einer geordneten Komplexität zählt die Abweichung von einer Norm. Sie ist ein fiktiver Bestandteil der menschlichen Wahrnehmung. Jede Abweichung von der Norm verleiht dem Objekt eine Art von Dynamik. Der Bewegungscharakter der dekonstruktivistischen Architektur ist zum Teil auf die Abweichung des rechten Winkels in der formalen Ausgestaltung zurückzuführen. Ähnliche Beispiele sind aus den Bereichen der Kunst oder der Musik übertragbar.¹⁴²

Ein Ordnungssystem weist den Objekten einen festgelegten Platz und eine Funktion im Gesamtgefüge zu. Je größer und strenger diese Ordnung ist, desto kleiner ist der Spielraum für Variationen. Diese Abhängigkeit kann soweit geführt werden, daß die Einzelteile ihre Funktion nicht mehr vollständig erfüllen können. Andererseits erlaubt ein komplexes Ordnungssystem relativ große Freiheiten für die einzelnen Elemente und vergrößert den Interpretationsspielraum für den Betrachter. Die künstlich geschaffenen Lebensräume des Menschen, in denen er seinen Arbeits- und Freizeitaktivitäten nachgeht, sind durch Ordnungssysteme gekennzeichnet.

Ein Raum setzt sich in der Regel aus den Elementen Wand, Decke und Boden zu-

3.5.6.1 Konstruktive und funktionelle Ordnung

Das Grundprinzip einer Ordnung wird von R. Arnheim¹⁴³ durch eine Reihe von Prinzipien, wie die Symmetrie und andere Arten von Regelmäßigkeiten, modifiziert. Neben der Symmetrie kann in diesem Zusammenhang die Reihung oder die Reihe als Ordnungselement angeführt werden. Darunter ist eine Folge von Elementen

zu verstehen, die meist in horizontaler Abfolge die gleiche oder annähernd gleiche Gestalt besitzen müssen. Die Reihung darf nicht aus weniger als drei Elementen bestehen. Jedes Element ist Teil des Gesamtzusammenhangs, auch wenn es eine gewisse Selbständigkeit und Geschlossenheit ausstrahlt, kann es nie ganz autark existieren. Ein Gebäude kann ohne Bezug auf seine äußere Umgebung entworfen sein und sich in Farbe, Form und den Abmessungen von seinen Nachbargebäuden unterscheiden. Dennoch zeigt es die Unterwerfung seiner Elemente der Schwerkraft, die es zu einer konstruktiven Ordnung „zwingt“. Das Gesetz der Schwerkraft bedingt die Anordnung von Wänden in einem bestimmten Abstand, damit Decken aufgelagert werden können.

Die konstruktive Ordnung resultiert aus der Schwerkraft und der Materialität der Elemente

Wie beim Aspekt des Darstellungsraumes (s. Kap. 3.5.3) deutlich geworden ist, verfügt der virtuelle Raum über keine physischen Gesetze und Materialien, welche sich einer konstruktiven Ordnung fügen müssen. Dadurch eröffnen sich dem Gestalter virtueller Architekturen neuartige Gestaltungsfreiheiten, die er in der realen Architektur so nicht vorfindet oder die nur mit einem enorm hohen technischen Aufwand zu realisieren sind.

Die andere Art der Raumstruktur wird als funktionelle Ordnung bezeichnet. Sie resultiert aus den Anforderungen an Nutzbarkeit des Raumes. Aufgrund der Versorgung mit Licht- und Sauerstoff sowie der Möglichkeit eines Zugangs, müssen im Raum Öffnungen angeordnet werden (s. Abb. 23). Die Anordnung dieser Elemente im Raum erzeugt ein Ordnungssystem, welches dem Raum eine gliedernde Struktur verleiht. W. Rother¹⁴⁴ beschreibt das Wesen der Raumgliederung in der Unterteilung eines räumlichen Ganzen, ohne daß dabei der ganzheitliche Eindruck verlorengeht.

Die funktionelle Ordnung resultiert aus den Anforderungen an Nutzbarkeit

Für die Nutzbarkeit eines Raumes ist die Anordnung von Öffnungen unabdingbar. Schon ein einzelnes Element, wie eine Tür oder ein Fenster, wirkt als gliederndes Element innerhalb des Raumgefüges.



Abb. 23: Funktionelle Ordnung durch Öffnungen für die Zugänglichkeit sowie die Licht- und Luftzufuhr des Raumes

3.5.6.2 Ordnung / Unordnung

Das Prinzip der Ordnung wird von M. Bense¹⁴⁵ in chaogene und irreguläre Ordnung modifiziert. Chaogene Ordnung liegt vor, wenn sich die Menge materieller Elemente im Zustand maximaler Mischung befindet. Ein Zustand des Chaos ist dadurch gekennzeichnet, daß bei der Beziehung der Elemente untereinander keine ordnenden Regeln feststellbar sind.

Eine irreguläre Ordnung bezeichnet die Menge materieller Elemente, die eine beliebig gestaltete Verteilung besitzen und als System von Entscheidungen aufgefaßt werden. Die Anordnung der Elemente unterliegt einer einzigen Hauptregel und je mehr der Grad der Ordnung zunimmt, desto mehr nimmt der Informationsgehalt ab.

In der Unordnung sieht R. Arnheim¹⁴⁶ nicht das Fehlen jeglicher Ordnung, sondern die Folge einer Nichtübereinstimmung von Teilordnungen, zwischen denen keine geordneten Beziehungen bestehen. Die Beziehungen zwischen den Elementen sind rein zufällig. Ein komplexes Muster kann unterschiedliche Elemente von Form, Größe und Verteilung in derselben Struktur vereinigen. Eine Grundstruktur kann ein gewisses Maß an Abweichungen enthalten, ohne durch sie in eine Unordnung verdrängt zu werden. Die Ordnung ist nur dann gefährdet, wenn die Abweichungen so stark sind, daß die Gesamtstruktur nicht mehr zu identifizieren ist.

Eine Ordnung existiert so lange, wie die Gesamtstruktur zu identifizieren ist

3.5.7 Anschauungsraum

Mit der Kategorie des Anschauungsraumes wird die Trennfunktion der Wand zwischen Innen- und Außenraum dargestellt. Der Innenraum bildet die kleinste architektonische Einheit und ist als das Prägnanzmerkmal der Architektur zu bezeichnen, da durch ihn der Mensch in der Lage ist, Informationen aufzunehmen und zu verarbeiten, welche ihm letztlich eine Orientierung im Raum ermöglichen.

Als kleinste architektonische Einheit kann der Innenraum bezeichnet werden. Bestandteile dieser Einheit sind in der realen Architektur üblicherweise die traditionellen Elemente Wände, Stützen, Decke und Fußboden. Nach außen wird der Übergang des Raumes durch Öffnungs- und Verbindungselemente, wie Fenster und Türen, ermöglicht.

Beschrieben wird der Raum nach R. Krier durch die Definition seiner Größe, Proportion und Form.¹⁴⁷ Dabei ist die Proportion durch die Relationen von Länge zu Höhe zu Breite definiert. Diese Komponenten haben einen direkten Bezug zur Funktion des Raumes, da sie den Aufenthalt von Menschen, die Unterbringung von Gegenständen und die Ausübung von Tätigkeiten ermöglichen.

Neben den Proportionen und Dimensionen ist die Geschlossenheit ein wesentlicher Aspekt der Wesensspezifikation des Raumes. Sie bewirkt eine Abgrenzung nach Außen und wandelt den Raum zum Innenraum.

Der Innenraum wird von D. Salzmann¹⁴⁸ als Anschauungsraum bezeichnet, da er im Gegensatz zu den philosophischen oder ma-

thematischen Räumen durch materielle Werkstoffe hergestellt wird und primär der Anschauung des Menschen zugänglich ist.

Nach W. Meisenheimer ist unendlicher Raum nicht faßbar, abstrakt und unanschaulich.¹⁴⁹ Da der Mensch in der Lage ist, nur endlichen Raum in seiner meßbaren Dimension zu verstehen, wird der begrenzte Raum zum künstlerischen Gestaltungsmerkmal der Architektur.

Einen ähnlichen Ansatz vertritt J. Joedicke¹⁵⁰, der den Begriff des Raumes auf den Innenraum erweitert. Seine Definition beschreibt den Raum als Abstand zwischen Orten und demnach handelt es sich dabei immer um ein Innen, auch wenn es sich um einen Außenraum handelt, da dieser selbst wieder durch einen weiteren Raum begrenzt bzw. eingeschlossen ist. In der Vorstellung kann der unbegrenzte Raum zwar gedacht werden, ist jedoch nicht visuell wahrnehmbar. Abhängig von dem Maß der Abstandsrelationen der Begrenzungen ist das Maß des Innen. J. Joedicke verwendet den Begriff des Raumfeldes als wenig dichte Räumlichkeit über den Raumbehälter zum Raumkörper. Dieser wird wahrgenommen, wenn kein Abstand mehr vorhanden ist.

Diese Erkenntnis ist für die virtuelle Architektur von besonderer Bedeutung, da es sich beim virtuellen Raum ebenfalls um ein in seinen Dimensionen unendliches Konstrukt handelt, in dem der Mensch Handlungs- und Kommunikationsaktionen tätigt. Der Wand der virtuellen Architektur kommt hier die besonders wichtige Aufgabe der Raumbegrenzung zu.

Vom Menschen wird der Raum als etwas Umgrenztes begriffen, Innen und Außen sind durch bauliche Mittel streng voneinander getrennt. Die Wand ist nicht nur Begrenzung nach außen, sondern betont zugleich die Absonderung des Innen vom Außen (s. Abb. 24). Als Urtypus kann man einen Quader heranziehen, der von Flächen umschlossen ist. Ein solcher Quader weist als Raumbegrenzung vier geschlossene Wände, Decke und Fußboden auf. Alle körperlichen Massen sind an der Peripherie angeordnet. Wendet man an dieser Stelle die von Joedicke formulierte Definition von Raum als Beziehung zwischen Orten an, so kommt man zu der Schlußfolgerung, daß die Raumdichte an der Peripherie groß ist, während die nichtperiphere Raumdichte klein ist. Daraus folgt, daß der Raum als Raumbehälter durch äußere (periphere) und innere (nichtperiphere) Raumdichte gekennzeichnet ist.



Abb. 24: Die Wand als Begrenzung des Innen- und Außenraumes

3.5.7.1 Das Innenräumliche als Prägnanzmerkmal des architektonischen Raumes

Das Innenräumliche wird von W. Meisenheimer¹⁵¹ als das Prägnanzmerkmal des Architekturraumes definiert. Ein Bauwerk setzt sich aus einem Innenraum, dem plastischen Baukörper und dem Außenraum zusammen. Am Baukörper findet die Gestaltung statt, wobei Veränderungen an diesem Auswirkungen auf den Innen- und den Außenraum haben. *„Die Phänomene des Innenraumes und des Außenraumes entstehen jenseits der Körpereigenschaften der Werkform, an der sich der Gestaltungsprozeß des Raumschaffens abspielt. Das Raumschaffen transzendiert die Körperlichkeit und Strukturiertheit der materialen Elemente; aber die Gestaltstrukturen des Materials bleiben immer in den Gestaltstrukturen des Raumes aufgehoben.“*¹⁵² W. Meisenheimer folgert daraus, daß der Raum der Architektur ein materialer Raum gegenüber den formalen Räumen der empirischen und der begrifflichen Wissenschaften ist. *„Innenraum und Außenraum der Architektur atmen selbst Materialstrukturen. Sie sind volle, inhaltsschwere Raumphänomene und nicht etwa leere, negative Masse oder dergleichen Körperlichkeit mit negativen Vorzeichen. Sie umhüllen den Menschen, welcher sich mit Bauwerken umgibt und innerhalb ihrer Innen- und Außenräume steht. Auf diese Weise spielen die künstlichen Räume die Rolle seiner Umwelt. Das ist besonders eindringlich beim architektonischen Innenraum der Fall; praktisch und symbolisch stellt er eine geschlossene Welt um ihn dar.“*¹⁵³

Gestützt wird diese These von B. Zevi¹⁵⁴, der die Innenraumgestaltung als typisch und wesentlich für die Architekturgestaltung ansieht. Er unterteilt die Entwicklung des Innenraumes in drei Stufen. Die erste Stufe beschreibt die wichtigste architektonisch-räumliche Realität des Innenraumes. Daneben kennzeichnet die zweite Stufe, daß der Innenraum nicht nur das Leere oder die Dreidimensionalität beinhaltet, sondern den aktuellen Raum, der in der Bewegung mit allen Sinnesorganen des Menschen wahrgenommen

Das Innenräumliche ist das Prägnanzmerkmal des architektonischen Raumes

wird. Durch den Menschen selbst wird die dritte Stufe als soziales und intelligentes Objekt gebildet, welches den Mittelpunkt des Raumerlebnisses schafft. Die innenräumliche Bestimmung ist für B. Zevi die entscheidende über Architektur, die für ihn nicht die Summe der Massen an Konstruktionselementen ist, die den Raum einschließen, sondern der eingeschlossene Raum selbst.

Dabei ist der Innenraum nicht einfach nur vorhanden, er wird zu einer Art Greifraum, den man aktiv erleben kann. Dieser bildet die Grundlage zum Verständnis von Bauwerken. Damit wird die Innenraumgestaltung als wesentlich für die Architekturgestaltung charakterisiert.

Mit dem Aspekt der Innen- und Außenräumlichkeit sind nach R. Arnheim zwei Aufgaben an die Architektur verknüpft, die teilweise kontroverse Anforderungen an sie stellen.

Einerseits hat sie die Aufgabe, eine Unterkunft bereitzustellen, die ihre Nutzer vor unerwünschten Einwirkungen von außen beschützt und ihnen innerhalb ihrer „eigenen Wände“ eine wohnliche Umwelt zur Verfügung stellt.

Andererseits muß sie eine Außenansicht schaffen, die neben praktischen Funktionen der Licht- und Luftversorgung auch ästhetische und künstlerische Ansprüche des Architekten erfüllen muß. Unter dem Aspekt der Wahrnehmung und der Praktikabilität schließen sich die Innen- und Außenwelt gegenseitig aus. Man kann sich nicht gleichzeitig in beiden aufhalten, obwohl sie unmittelbar aneinander grenzen.

„Auf dem Grundriß des Architekten, bestehen die Schranken zwischen den zwei Welten lediglich aus Linien oder schmalen Streifen, ständig durchbrochen vom ununterbrochenen und mühelosen Hin und Her, das den Alltag in unserer Wohnung ausmacht. Die große Herausforderung für den Architekten ergibt sich also aus einem paradoxen Widerspruch: Zum einen schließen sich eigenständige, in sich geschlossene Innenräume und eine gleichermaßen vollständige Außenwelt gegenseitig aus, und zum anderen müssen die beiden als Komponenten der unteilbaren menschlichen Umwelt zusammenpassen.“¹⁵⁵

R. Arnheim¹⁵⁶ vergleicht den Innenraum mit einem geschlossenen Raumbehälter, der in der Regel durch vier Wände, eine Boden- und eine Deckenplatte gebildet wird. Mit Hilfe des Gehirns kann der Mensch und des daran gekoppelten Erinnerungsvermögens einen räumlichen Zusammenhang zwischen Innen und Außen herstellen. Sogar in der Horizontalen, in der er sich problemlos von einem Raum zum nächsten bewegen kann, behält das Innenräumliche seine starke Eigenständigkeit bei. Die Wand besitzt für den Menschen eine derart optische Präsenz, daß sich dieser nur sehr schwer vorstellen kann, daß sie nicht nur für diesen Raum, sondern auch für den daneben befindlichen Raum eine Begrenzung darstellt.

Mit der Innen- und Außenräumlichkeit wird eine Unterkunft bereitgestellt und eine Außenansicht geschaffen

3.5.7.2 Geometrischer und gelebter Innenraum

Bezieht man die Begriffe des geometrischen und des gelebten Raumes (s. Kapitel 3.3.1.4 Mathematischer- und gelebter Raum) auf den Innenraum, so ergeben sich hier wesentliche Unterschiede in der Bedeutung.

Im Gegensatz zum gelebten Raum unterscheidet der geometrische Raum nicht zwischen Innen und Außen. Die Umwelt des Menschen besteht aus einer sichtbaren und einer unsichtbaren Realität, welche sich über die Außenwelt organisiert. Deshalb ist die Existenz einer Innenwelt für den Menschen besonders wichtig, da er nicht in der Lage wäre, Informationen aufzunehmen, verarbeiten, strukturieren, und zu größeren Lebensgemeinschaften zusammenfügen zu können. Zentraler Punkt ist hierbei, daß er keine Orientierung aufbauen und sich keinen eigenen Lebensraum zunutze machen könnte. Das Innen hat die Wirkung der Verarbeitung, Regeneration und der Wiederherstellung der persönlichen Identität.

Für I. Ullrich kommt die Qualität des „Innen“ nicht durch das Material, sondern durch die Art der Erschlossenheit zustande. Sie entsteht aus Werten, die mit der Kultur und Lebensweise des Menschen in einem direkten Zusammenhang stehen: *„Das Innere und das Äußere werden aus der sozialen Struktur einer Kultur herausgesponnen(...) Indem ich mich auf dem inneren Raum beharre, verteidige ich mich gegen den Versuch, meine Selbstvertrautheit berechenbar zu machen, gegen ihre Reduzierung auf eine algebraisch-fiktive Gleichsetzung mit einem äußeren Raum, der auf cartesianische Dimensionen gestützt wurde.“*¹⁵⁷

Die Qualität des Innen resultiert aus der Art der Erschlossenheit

Die Qualität "Innen" liegt nicht an einem bestimmten Material, sondern an der Art der Erschlossenheit. Es sind ambulante Werte, welche mit der Kultur und Lebensweise zusammenhängen.

D. H. van der Laan¹⁵⁸ betrachtet den architektonischen Innenraum auf zwei Arten, indem er die Begriffe des Binoms Innen-Außen und Voll-Hohl einführt.

Beim Binom Innen-Außen kommt dem Innenraum eine aktive Rolle zu. Indem der Mensch Teile der Umwelt durch Wandelemente abgrenzt, entsteht das Innen, welches auf ihn bezogen ist. Durch die physische Anwesenheit des Menschen und seiner Eigenbewegung wird der Raum erfahren.

Dagegen bleibt der Innenraum beim Binom Voll-Hohl passiv. Im menschlichen Vorstellungsvermögen entsteht der Raum als Bild und die Form der Wand übernimmt eine aktive Rolle. *„Der Architekt formt die Wände, und der dadurch entstehende Innenraum muß durch sie seine Form erhalten. Unter dem Aspekt der Sichtbarkeit ist der Innenraum völlig auf die Wand bezogen, so wie unter dem Aspekt der Bewohnbarkeit das Außen auf das Innen bezogen ist.“*¹⁵⁹

D. H. van der Laan betrachtet den Innenraum einerseits in der Relation zum Außen und andererseits zur sichtbaren Wand. In der Relation zum Außen ist das Innen ein Raum, der auf den Menschen bezogen ist, indem er sich durch ihn bewegt.

Bezogen auf die sichtbare Wand wird ein direkterer Kontakt durch die menschlichen Sinne als durch eine Handlung oder eine Eigenbewegung zur Umgebung hergestellt. Der Mensch nimmt die geformten Wände wahr und ist so in der Lage, sich ein Bild zu machen. Er betrachtet das Innen nicht länger als einen Raum, in dem er sich bewegt, sondern als einen, der durch die Form der Wand sichtbar wird. In der Relation zwischen dem Innen und dem Außen ist das Innen die feststehende Gegebenheit: *„Wir machen das Innen und dadurch entsteht das Außen. Doch in der Relation zwischen dem Innenraum und der Wand ist die Wand die feststehende Gegebenheit: wir machen die Wand und dadurch entsteht der Innenraum.“*¹⁶⁰

Die Beziehung zwischen Innen und Außen wird von J. K. Grütter¹⁶¹ als mehr oder weniger intensiv beschrieben. Der Mensch ist sowohl auf ein Innen als auch auf ein Außen angewiesen, da er sich innerhalb seines Lebensraumes zwischen beiden Bereichen bewegen muß. Beim Errichten eines Gebäudes wird durch die raumdefinierenden Elemente der Wände ein Innenraum vom Außenraum isoliert. Durch die Art der Öffnung werden die räumliche Beziehung sowie die raumbildenden Elemente untereinander bestimmt. Aus den Anforderungen, einen Raum von der Außenwelt abzuschirmen, ergibt sich die Lage und Anzahl der Verbindungen zwischen Innen und Außen. Dadurch entsteht eine ambivalente Beziehung zwischen Innen und Außen. Für Chr. Norberg-Schulz¹⁶² wird die Bedeutung der Wand so hoch eingestuft, daß ihr Verhältnis das eigentliche Wesen der Architektur bestimmt. Die Trennung von Innen und Außen wird für gewöhnlich durch die Wand realisiert, durch die die innere Gestalt auch von außen ablesbar ist, welches sich sowohl auf die Form der Wand als auch auf ihre Öffnungen bezieht.

Die Wand bestimmt das eigentliche Wesen der Architektur

3.5.8 Form und Raum

Der architektonische Raum steht in einer direkten Wechselbeziehung zur Form. Diese hat neben ihren materiellen Zwecken der Statik auch ästhetische Funktionen zu erfüllen, da sie als Bedeutungsträger fungiert. Mit einer Form wird vom Architekten eine bestimmte Haltung bzw. Funktionalität nach außen kommuniziert. In diesem Gefüge von Form und Raum nimmt die Wand als architektonisches Element eine zentrale Rolle ein.

In der Form sieht F. D. K. Ching¹⁶³ das wichtigste Identifizierungsmerkmal eines Raumes. Sie entsteht aus Umrissen und Zwischenbeziehungen von Flächen, die einen Raum begrenzen. Das wichtigste Erkennungsmerkmal einer Form ist der Umriß, welcher sich aus den spezifischen Anordnungen der Flächen und Kanten einer Form ergibt. Die Größe der Form wird durch ihre Abmessung, die Länge, Breite und Tiefe bestimmt, welche wiederum die Proportion festlegt.

Die Form bildet das wichtigste Identifizierungsmerkmal des Raumes

J. Joedicke¹⁶⁴ bezeichnet die Verbindung von Form und Raum als eine direkte Wechselbeziehung, da der Raum ohne seine dazugehörige Form nicht wahrnehmbar ist. Mit dem Raum wird eine Distanz aufgebaut, die es erst ermöglicht, die Form wahrzunehmen. Das Verhältnis beider Elemente ist jedoch durch ein instabiles Gleichgewicht gekennzeichnet, da der Raum um so mehr in den Hintergrund tritt, desto stärker die Form gegliedert ist. Wird andererseits die Form zurückhaltender ausgebildet, indem das Verhältnis der Wandhöhe zur Raumtiefe ausgewogen ist, treten der Raum in der Wahrnehmung und das Geschehen im Raum in den Vordergrund.

Da in der virtuellen Architektur ein Raum ebenfalls aus dem architektonischen Element der Wand gebildet wird, kann die Wechselbeziehung zwischen Form und Raum auf die virtuelle Architektur übertragen werden. Aufgrund der vorherrschenden Immaterialität erhält die Form einen instabilen Charakter.

3.5.8.1 Architektonische Form / Architektonischer Raum

Die architektonische Form wird durch Körper und Raum mittels Flächen oder flächenmarkierender Elemente während des Bauprozesses gebildet. Dabei übernimmt die Wand als architektonisches Flächenelement eine Schlüsselfunktion. Der Zusammenhang zwischen architektonischer Form und architektonischem Raum wird von D. H. van der Laan ebenfalls in der Gleichstellung beider Komponenten gesehen. *„Der Schlüssel dazu liegt darin, daß die Form das Massivs aus der wechselseitigen Entsprechung gegenüberliegender Flächen entsteht, während die Form des Raumes aus der wechselseitigen Entsprechung der gegenüberliegenden Formen der Wände entsteht. Der architektonische Raum macht den natürlichen Raum bewohnbar, indem er in seiner Mitte zustande kommt; die Form der Wand macht den architektonischen Raum sichtbar, indem sie ihn abgrenzt. Die Funktionalität des Hauses auf der Ebene der Sinneswahrnehmung fordert daher, daß der Form der Wand die größte Aufmerksamkeit entgegengebracht wird. So wie wir in bezug auf die Ausbildung des Innen von architektonischem Raum sprechen, können wir hier von architektonischer Form sprechen.“*¹⁶⁵

Unter der Form versteht man im allgemeinen Sprachgebrauch das entstandene Ergebnis von Raum und Körper als gebaute Umwelt. Neben einem materiell, praktischen Zweck hat die architektonische Form auch ästhetische Ansprüche zu erfüllen. Dadurch wird sie ein notwendiges und wichtiges Element zur Realisierung der architektonischen Funktion.

Als weiteren funktionalen Aspekt der Form stellt J. Joedicke¹⁶⁶ ihre Funktion als Bedeutungsträger bzw. Zeichen heraus. Dabei ist das Zeichen aus den drei Elementen Semantik, Syntaktik und Pragmatik zusammengesetzt. Unter der Syntaktik sind die Elemente und die Art ihrer Anordnung und Verbindung zu verstehen. Die Semantik kennzeichnet die Bedeutung für und die Pragmatik die Wirkung auf den Menschen. Anhand der architektonischen Gebäudeform werden funktionelle Aspekte des Gebäudes für den Betrachter nach außen kommuniziert. Da im „International Neuroscience Institute“ Patienten mit Hirnerkrankungen behandelt werden, haben die Architekten die Gebäudeform einem menschlichen Gehirn nachgeahmt (s. Abb. 25).

Über die Form wird eine Bedeutung nach außen kommuniziert



Abb. 25: Architektonische Form als Bedeutungsträger. International Neuroscience Institute in Hannover

Die Beziehung zwischen architektonischer Form und dem Menschen definiert W. Rother als eine Subjekt-Objekt-Beziehung.¹⁶⁷ Jede architektonische Form kann nur in Kombination der beiden Bezugssysteme beschrieben werden. Einerseits durch die objektiv bestimmbar Beziehungen zueinander und andererseits durch die Beziehung zum wahrnehmenden Menschen. Dieser wächst in einem architektonischen Umfeld auf, welches sein „inneres Bild“ der Bedeutungsgehalte architektonischer Formen prägt. Ein Fabrikgebäude wird aufgrund seiner äußeren Gestalt, die wiederum funktionalen Aspekten folgt, bestimmt und aus den Erfahrungswerten des Menschen als solche erkannt.

3.5.8.2 Form / Wand

Für eine Bewertung der Form kommt der Wandstärke eine besondere Bedeutung zu. Bei einem durch Wände begrenzten Raum übernimmt die Öffnung die Zugangsfunktion. Die Wandöffnung ist in zweierlei Hinsicht für die Sichtbarkeit der Form von Bedeutung, sowohl für die Wand als auch für den Raum. Durch sie wird die Wandstärke veranschaulicht.

Für D. H. van der Laan¹⁶⁸ besitzt das Massiv der Wand eine Doppelfunktion. Es trennt nicht nur das Innen vom Außen ab, sondern verkörpert gleichzeitig Materie, durch die der Mensch Quantität wahrnimmt. Der Raum erhält seine sichtbare Form vom Massiv der Wand. Sie ist das einzige Raumelement, welches durch den Bauprozess direkt hergestellt wird.

Mit der architektonischen Form ist der Begriff der Größe untrennbar verbunden. Der architektonische Raum wird aus Wänden gebildet, die in ihrer materiellen Erscheinung eine bestimmte Größe aufweisen. Durch das abhängige Verhältnis von Form und Raum ist die Angabe der Größe, sowohl auf den architektonischen Raum, als auch auf die architektonische Form bezogen.

Gestützt wird diese These von D. van der Laan, der die Form des architektonischen Raumes durch die drei Dimensionen der Wand bestimmt sieht. *„In diesem Zusammenspiel von Wand und Raum hat das Massiv der Wand durch die Verknüpfung von Höhe, Länge und Dicke eine eigene Form, während der architektonische Raum seine Form von der Form der Wand herleiten muß, weil sowohl die Nähe der Wände als auch ihre Ausweitung, die zusammen die Form des Raumes konstituieren, von den drei Dimensionen der geformten Wand abhängen. Denn die Nähe wird durch das Verhältnis zwischen der Dicke der Wände und ihrem Abstand zueinander bestimmt, während ihre Ausweitung durch die Höhe und Länge der Wände bestimmt wird. Die Form des architektonischen Raumes wird also durch alle drei Dimensionen der Wand bestimmt, allerdings auf ganz andere Weise als die Form des Wandmassivs selbst.“*¹⁶⁹

3.5.8.3 Form–Gestalt / Form-Struktur

Der Begriff der Form steht in einem engen Zusammenhang zum Gestaltbegriff. Beide lassen sich auf den lateinischen Ursprung des Wortes „forma“ zurückführen. J. K. Grütter¹⁷⁰ bezeichnet die Gestalt als eine anschauliche, umgrenzte, mehr oder weniger gegliederte und in sich abgeschlossene Einheit der Erscheinung eines Gegenstandes. Dagegen differenziert L. Kahn zwischen den Begriffen Form und Gestalt, auch wenn diese Betrachtung nur theoretisch bestehen bleiben kann, da jede Form gestaltet ist und die Gestalt eines Objektes immer auch eine Form beinhaltet. *„Gestalt ist eine Sache des Entwurfes, aber Form ist eine Veranschaulichung untrennbarer Komponenten. Entwurf verwirklicht, was diese Veranschaulichung, diese Form, uns sagt. Man kann auch sagen, daß die Form die Natur einer Sache ist und ein Entwurf danach strebt, zu einem bestimmten Zeitpunkt, die Gesetze dieser Natur anzuwenden. Form liegt in der Natur der Sache, d.h., sie bedingt durch ihren Inhalt, ist also vorgegeben und nicht beliebig manipulierbar.“*¹⁷¹

Auf die Abhängigkeit des architektonischen Raumes an seine ihn bildenden Elemente ist die Beziehung zwischen Form und Struktur zurückzuführen. Die Elemente, wie Wandscheiben, Decken- und Bodenplatte bestimmen und formen den Charakter eines Raumes. J. K. Grütter¹⁷² unterscheidet zwischen regelmäßigen und unregelmäßigen Formen, wovon die regelmäßigen Formen bestimmten Gesetzen der Geometrie unterliegen. Regelmäßige Formen weisen ein Strukturgerüst auf, welches durch formale Regeln gekennzeichnet ist und die Beziehungen der einzelnen Teile untereinander ordnet. Das Strukturgerüst ist ein wichtiges Hilfsmittel bei der optischen Wahrnehmung und damit eine wesentliche Komponente für die Raumorientierung des Menschen.

3.5.9 Körper und Raum

Diese Raumkategorie veranschaulicht die Beziehung zwischen den Baukörpern und dem architektonischen Raum. Die Wand erzeugt den Innenraum, der als Hohlraum wahrgenommen wird.

Für D. Salzmann¹⁷³ gehört die wechselseitige Bedingtheit von Körper und Raum zu den elementarsten Erkenntnissen beim Architekturentwurf. Baukörperliche Elemente erzeugen den architektonischen Raum und umgekehrt ist der Raum Bedingung für und Wirkung von Körperlichkeit. Das Verhältnis von Körper und Raum ist in der Architektur durch ein Ungleichgewicht gekennzeichnet, da es Dominanzen der einen Kategorie über die andere gibt. Das Baukörperliche kann über seine raumbegrenzende Wirkung hinaus einen Raum sehr stark bestimmen und andererseits kann ein Raum so deutlich in den Vordergrund treten, daß die ihm zugeordnete Körperlichkeit in den Hintergrund tritt (s. Abb. 26).

Aus den Flächen eines begrenzten Raumes entsteht der Baukörper. Körper sind Elemente, die dem Raum eine geometrisch beschreibbare Struktur verleihen. Die Wand als architektonisches Element übernimmt eine vermittelnde Funktion zwischen Innen- und Außenraum, wobei der Innenraum vom Menschen als Hohlraum des Baukörpers wahrgenommen wird.

Die Abhängigkeit zwischen Körper und Raum zählt zu den elementarsten Erkenntnissen beim Architekturentwurf

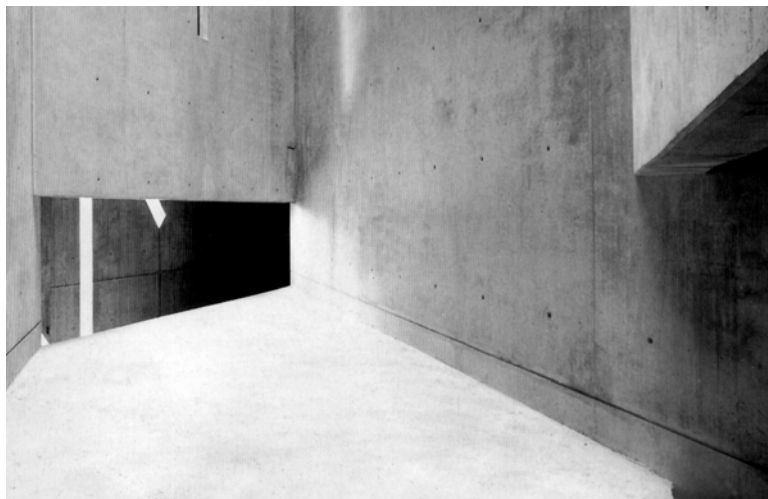


Abb. 26: Die Wand als baukörperliches Element der Raumerzeugung. Jüdisches Museum in Berlin

Ein Raum muß nicht in erster Linie von allen Seiten mit Flächen umschlossen sein. Baukörper können auch begrenzende Elemente in einem übergeordneten Kontext darstellen, so daß sie als Hohlräume unterschiedlicher Qualität wahrgenommen werden.

Der Mensch ist es gewohnt, erst die materiellen Gegenstände mit ihren Oberflächen wahrzunehmen und nicht das, was sich zwischen ihnen befindet. Dadurch wird der Hohlraum als solcher meist primär nicht erkannt.

Neben der Öffnung und der bewegungssteuernden Funktion des Raumes sieht D. Salzmann in der (Bau-) Körperlichkeit eines der wesentlichen Elemente bei der Gestaltung des architektonischen Raumes.¹⁷⁴

3.5.10 Raum und Öffnung / Privater und Öffentlicher Raum

Abgesehen von der Wand ist die Öffnung als ein sehr wichtiges Element des architektonischen Raumes anzusehen, da sie in erster Linie die Nutzung ermöglicht und die Verbindung von Innen- und Außenraum herstellt. Durch sie werden die Bereiche des privaten und öffentlichen Raumes sowohl getrennt als auch miteinander verbunden.

Eine der wesentlichen Eigenschaften des architektonischen Raumes liegt in der Schutzfunktion durch die Abgeschlossenheit seiner raumbildenden Elemente. Der durch Wandscheiben, Boden- und Deckenfläche realisierte Innenraum stellt die vollkommene Geschlossenheit des architektonischen Raumes dar. Diese wird durch den Nutzungsaspekt relativiert, da der Raum eine Öffnung in Form eines Zugangs erfordert.

Mit der Öffnung wird die Verbindung zum umgebenden Raum hergestellt und mit ihr das Verhältnis zwischen Innen- und Außenraum wesentlich bestimmt (s. Abb. 27).

Eine Mauer, die einen Raum oder eine Gruppe von Räumen nach außen begrenzt, trennt zugleich das Innere eines Raumes nach außen ab. Eine Öffnung bildet sowohl das Eingangselement als auch die Verbindung der angrenzenden Bereiche.

Darüber hinaus bestimmt die Öffnung den Charakter des Raumes und kann durch ihre Form und Dimensionierung die Raumwirkung sehr stark beeinflussen.

Aus dem Nutzungsaspekt des Raumes resultiert die Notwendigkeit der Öffnung. Die Ausnahme bilden Räume, die nicht mehr betreten werden sollen, wie beispielsweise die Gebäudeform einer Grabkammer. Für J. Joedicke kommt dem Eingang mehr als eine funktionale Bedeutung zu, da er zwei völlig heterogene Bereiche, den öffentlichen Bereich vor dem Raum und den privaten Innenraum voneinander trennt.¹⁷⁵ Er vermittelt zwischen zwei in der Nutzung und im Maßstab unterschiedlichen Bereichen (s. Abb. 27).

Die Notwendigkeit der Öffnung resultiert aus dem Nutzungsaspekt des Raumes



Abb. 27: Die Öffnung als Verbindungselement zwischen Innen- und Außenraum

In den Anfängen der architekturgeschichtlichen Entwicklung übernahm die Öffnung nicht nur die Aufgabe der Zugänglichkeit, son-

dern auch die Funktion der Lüftung und Belichtung, bis sich hierfür spezielle Öffnungen in Form von Fenstern entwickelten.¹⁷⁶ In diesem Zusammenhang spricht D. Salzmann¹⁷⁷ von vier Funktionstypen, die verschiedene Arten von Öffnungen klassifizieren: Rauchöffnungen, Luftöffnungen, Lichtöffnungen und Blicköffnungen. Das Fenster vereint alle diese Öffnungsarten zu einem gemeinsamen Typ.

Die Öffnung dient der Verbindung von einzelnen Raumelementen, wobei W. Rother¹⁷⁸ zwischen einer direkten und einer indirekten Verbindung unterscheidet. Eine direkte Verbindung bezeichnet begehbare Öffnungen zwischen nebeneinanderliegenden Räumen, beispielsweise eine Tür oder ein Durchgang. Dagegen besteht eine indirekte Verbindung zwischen Räumen durch Sichtbeziehungen oder bauliche Elemente, wie Wege, Treppen oder Aufzüge.

In der Regel wird die Verbindung zwischen Außen- und Innenraum besonders hervorgehoben. Ihr kommt in der Anforderung an die Nutzbarkeit eine spezielle Bedeutung zu, da sie den Raum für fremde Personen unzugänglich erhalten soll.

Im Hinblick auf die Zuordnung kann ein Raum zu seiner Umgebung in einem offenen, geschlossenen oder abgeschlossenen Verhältnis stehen. Vom Grad der Offenheit hängt die Kommunikation ab, die durch die seitliche Begrenzung der Wand kontrolliert wird.

Ein weiterer Aspekt der Öffnung ist darin zu sehen, daß über die Öffnung und die mit ihr vorhandene Laibung die Wandstärke abzulesen ist. Mit ihr wird das Maß an Eigenständigkeit und Schutz bestimmt, mit der sie den Menschen umgibt. Je tiefer die Laibung ausgeführt ist, desto räumlicher wird die Öffnung. Von der massiven Wand aus Ziegelstein oder Beton geht aufgrund ihrer konstruktiv bedingten Stärke gegenüber einer Gipskartonwand eine solch vermittelnde Räumlichkeit aus.

An die Öffnung werden zwei gegensätzliche Anforderungen gestellt: Sie muß sich aus Gründen des Schutzes und der Zugänglichkeit sowohl öffnen als auch verschließen lassen.

Der Mensch ist als eine Art „Herdentier“ einerseits auf die Gemeinschaft und die sozialen Kontakte zu weiteren Lebewesen angewiesen (s. Abb. 28), andererseits benötigt er als Individuum die private Abgeschlossenheit (s. Abb. 29). Privater und öffentlicher Raum stehen in einer engen Beziehung zueinander. H. P. Bahrt¹⁷⁹ sieht einerseits die proportionale Beziehung zwischen der Stärke der Wechselbeziehung von privaten und öffentlichen Raum andererseits den städtischen Charakter eines Wohnquartiers. In seinem Alltag bewegt sich der Mensch zwischen privatem und öffentlichem Bereich ständig hin und her. Der private Bereich ist der Raum des Wohnens und Lebens und um ihn konzentrisch angeordnet befindet sich der öffentliche Bereich, in den der Mensch täglich vordringt. Als Urtypus des privaten Raumes kann die Höhle bezeichnet werden, die nach Chr. Norberg-Schulz mit der Säule zusammen ein Grundelement der Architektur darstellen.¹⁸⁰

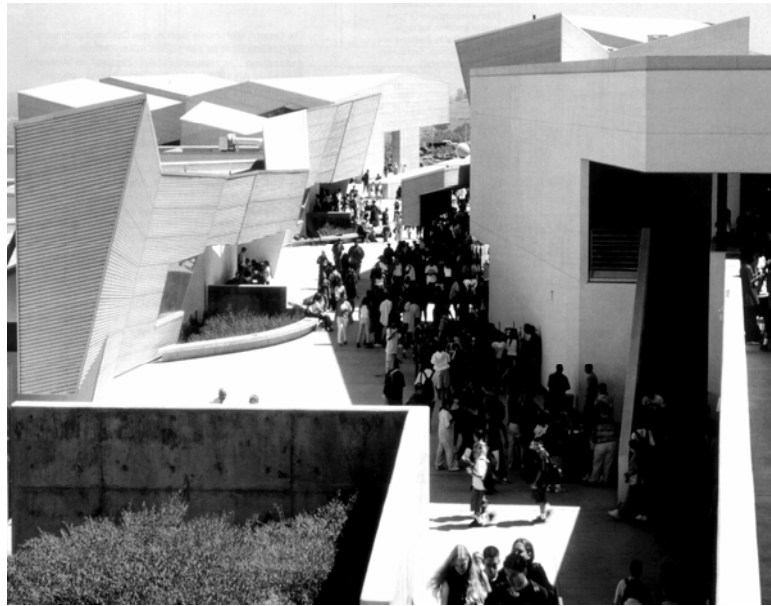


Abb. 28: Architektonischer Raum als öffentlicher Raum

Der private unterscheidet sich vom öffentlichen Raum dadurch, daß er nur von Personen betreten werden darf, die dafür über eine Berechtigung verfügen. E. Hall differenziert vier verschiedene Raumzonen, die sich konzentrisch um jedes Individuum anordnen: die intime Zone, die persönliche Zone, die soziale und die öffentliche Zone.¹⁸¹

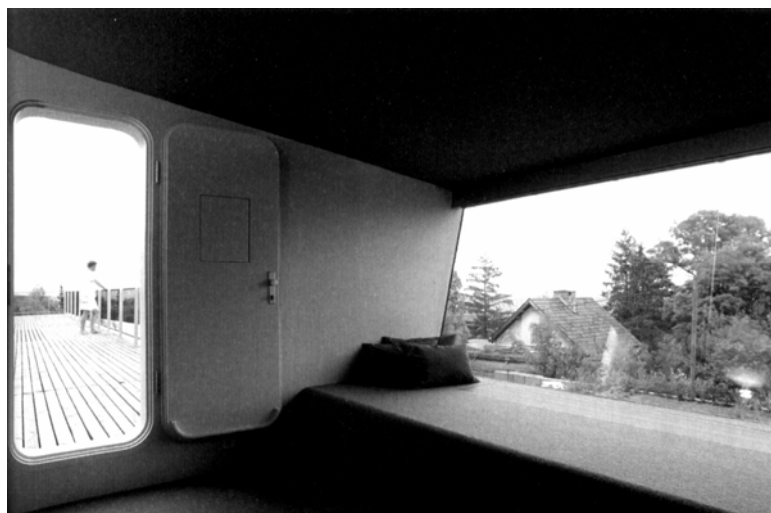


Abb. 29: Architektonischer Raum als privater Raum

Durch die Erkenntnis, daß der Mensch sowohl auf einen öffentlichen als auch auf einen privaten Bereich angewiesen ist wird die Frage aufgeworfen, ob das virtuelle Wandelement einen privaten Bereich definieren kann. Diese Fragestellung ist für die virtuelle Architektur so eminent, daß ihr in einem Experiment (s. Kap. 5.2) nachgegangen wird.

3.5.11 Raumgefüge – Raumorganisation

Architektur als ein Gebäude oder die Stadt als Ansammlung dieser enthält im Inneren eine Mehrzahl von Räumen als gegliedertes räumliches Gefüge. Die Beziehung der Räume untereinander kann ganz verschieden ausgebildet sein. J. K. Grütter¹⁸² unterscheidet vier Arten von Raumgefügen:

- Ein kleiner Raum befindet sich vollständig und innerhalb eines großen Raumes
- Räume überschneiden oder durchdringen sich gegenseitig
- Räume befinden sich in einer Nachbarsbeziehung und behalten ihre Autonomie
- Räume werden über einen „Drittraum“ miteinander verbunden

Die räumliche Differenzierung sichert nach D. Salzmann¹⁸³ nicht nur das Funktionieren der Architektur, indem sie die jeweiligen Handlungen und Tätigkeiten den angemessenen Raum bietet, sie ist auch Voraussetzung für ein spannungsreiches Verhältnis zur Architektur, welches sich auf dem Verhältnis der Räume zueinander gründet.

Durch seine Materialität ist der architektonische Raum definiert (vgl. Kapitel 3.5.3). Es kann aber das Bedürfnis bestehen, den Raum so zu konzipieren, daß er verändert werden kann. Besteht innerhalb eines Systems die Möglichkeit, den Raum zu verändern, ohne dabei das System oder seine Grundelemente zu verändern, muß der Raum flexibel sein. Da der Raum durch seine Elemente gebildet wird, müssen diese flexibel gestaltet sein, was eine Trennung von Tragen und Trennen bedeutet. Die Grundstruktur des tragenden Systems muß so konzipiert sein, daß die raumtrennenden Elemente verschoben werden können.

4 ÜBERTRAGUNG DER ANALYSE- ERGEBNISSE DER WAND AUS REALER IN VIRTUELLE ARCHITEKTUR

4.1 Einführung

Gegenstand dieses Kapitels ist es, die vorausgegangenen Analyseergebnisse der Wand und die mit ihr verbundenen Raumkategorien aus der realen in die virtuelle Architektur zu übertragen, um daraus Aussagen über die Funktion der Wand im virtuellen Raum abzuleiten. Die einzelnen Raumkategorien werden dazu nacheinander betrachtet und abschließend in einer schematischen Übersicht zusammengefaßt, welche die Grundlage für die in Kapitel fünf beschriebenen Versuche darstellt.

4.1.1 Die Wand

In den Ausführungen des zurückliegenden Kapitels wurde die Bedeutung des Elementes Wand für die reale Architektur herausgearbeitet. Dabei wurden als charakteristische Eigenschaften die formalen-, instrumentalen- und die funktionalen Aspekte der Wand und ihre Verknüpfung mit dem architektonischen Raum aufgezeigt (s. Kap. 3.2.4).

Diese drei Aspekte lassen sich aus der realen in die virtuelle Architektur übertragen. Unter formalen Gesichtspunkten handelt es sich bei der virtuellen Wand ebenfalls um eine Oberfläche, die Raum und Körper begrenzt. Instrumental fungiert sie als abstrakte Abgrenzung und funktional ist in ihr die wichtige Eigenschaft darin zu sehen, daß durch die Abgrenzung zu den verschiedenen Seiten eine Errichtung von einzelnen Arealen überhaupt erst ermöglicht wird. Durch die Intervention einer einzigen Wand wird architektonischer Raum geschaffen, der die drei fundamentalen Bedürfnisse für die Raumwahrnehmung anspricht: Referenz, Modulation und Abgrenzung.¹⁸⁴ Fehlt einer dieser Faktoren, ist der Raum als solcher von seiner unendlichen Umgebung nicht zu unterscheiden. Bezogen auf den virtuellen Raum existiert dieser so lange, bis eine Distanz zwischen dem Nutzer (Subjekt) und einer Grenze wahrgenommen werden kann. Realisiert wird die Grenze durch die Wand (Objekt).

In beiden Erscheinungsformen ist der architektonische Raum nicht einfach vorhanden und wird mit Hilfe der Wand hergestellt, da für diesen Prozeß Flächenelemente oder flächenmarkierende Elemente erforderlich sind.

In der realen Architektur kommt darüber hinaus der Wand, neben ihrer Raumbildungsfunktion, noch die Aufgabe zu, die Durchführung von menschlichen Aktivitäten von der Umwelt unabhängig zu gestalten. An dieser Stelle unterscheidet sich das virtuelle Wandelement von seinem realen Pendant, da davon ausgegangen werden muß, daß die virtuelle Architektur keinen Witterungseinflüssen ausgesetzt ist.

Der architektonische Raum der virtuellen Architektur ist nicht in das Gefüge des Umweltraumes eingespannt und damit weder physischen Gesetzen noch materiellen Abhängigkeiten ausgesetzt, was in der Folge Auswirkungen auf weitere Raumkategorien hat, die in den folgenden Ausführungen eingehend erläutert werden.

Die formalen-, instrumentalen- und funktionalen Aspekte der Wand lassen sich übertragen

Die Wand der virtuellen Architektur ist keinen Witterungseinflüssen ausgesetzt

4.1.2 Der architektonische Raum

Zentrales Verbindungselement zwischen der realen und der virtuellen Architektur ist die Wand und damit verbunden der architektonische Raum. Seine wesentliche Eigenschaft in beiden Erscheinungsformen ist darin begründet, ein Platzangebot für menschliche Aktivitäten zur Verfügung zu stellen. Der Raum als das von Chr. Feldkeller bezeichnete „Wesen der Architektur“¹⁸⁵, läßt sich über alle Entwicklungsstufen der realen Architektur zurückverfolgen und durch die Aspekte der Wand (formale-, instrumentale- und funktionelle) auf die virtuelle Architektur übertragen.

Zentrales Verbindungselement ist der Raum

Neben der Funktion der Wand als „Raumbildner“ kommt nach P. Anders dem Raum die Bedeutung als Kommunikationsmittel zu, welches gerade für die virtuelle Architektur von besonderer Bedeutung ist. *„Raum ist das Medium, mit dem wir unsere Welt verstehen, uns selbst und die anderen. Und der Cyberspace ist seine elektronische Entsprechung. Die Entwicklung eines Cyberspace sollte auf unserem Gebrauch von Raum basieren, um zu denken und dem anderen etwas mitzuteilen. Raum ist die Sprache, die wir alle sprechen.“*¹⁸⁶ Ähnlich hoch wird die Bedeutung des Raumes von K. Sakamura et al. eingeschätzt, der die maßgebliche Qualität der vormenschlichen Existenz durch ihn bestimmt sieht.¹⁸⁷ Das grundlegende Verständnis von Architektur wird durch den Raum bzw. die Raumorganisation von Gebäuden und Städten geprägt und ihre Bedeutung für die virtuelle Architektur kann nicht negiert werden.

D. Bertoli begründet die Frage, warum virtuelle Welten als Architektur bezeichnet werden können damit, daß sich in der virtuellen Architektur die Hauptaufgabe der realen Architektur widerspiegelt: Der Schaffung von Raum, der den Menschen umgibt und Grenzen für ein Innen und ein Außen definiert. *„Wir können Erfahrungen von Offenheit und Geschlossenheit machen, Proportionen erleben und reagieren in verschiedenen Bereichen, mit einem Wort all die Qualitäten, die wir mit der Architektur des realen Raumes assoziieren.“*¹⁸⁸ Gleichermäßen beschreibt F. Rötzer den Cyberspace nicht nur als einen Raum, sondern als Architektur, bis hin zu den virtuellen Gebäuden und Orten, in denen Menschen all das geboten wird, was reale Architektur in der wirklichen Welt leistet: Orientierung, Funktionalität, geschlossene und offene Räume und damit verbunden eine Identität des Ortes.¹⁸⁹ Gestützt wird diese These ebenfalls von M. Novak, der den Cyberspace durch seine Architektur definiert: *„Das bedeutet, daß jede Form von Information und Daten auch architektonisch und bewohnbar werden kann und daß Cyberspace und Cyberarchitektur ein und dasselbe sind. Cyberspace selbst ist Architektur und beinhaltet Architektur, jedoch ohne Randbedingungen.“*¹⁹⁰

Obwohl reale und virtuelle Architektur vom Menschen erfunden wurden und für deren Gebrauch bestimmt sind, unterscheiden sie sich darin, daß die physische Welt eine materiell gebildete Umgebung darstellt und im Gegensatz dazu die virtuelle Architektur für die Kommunikation von Daten bestimmt ist. Über den Raum sind beide Formen miteinander verbunden, der sich aber in der virtuellen Architektur als elektronischer Kommunikationsraum von dem der realen Architektur darin unterscheidet, daß er weder an physische Gesetze noch an materielle Abhängigkeiten gebunden ist. Dadurch wird ihm ein Höchstmaß an Dynamik und Flexibilität verliehen, die in der realen Architektur gar nicht oder nur mit einem sehr hohen technischen Aufwand zu realisieren ist.

Im Gegensatz zur realen Architektur handelt es sich bei seinem virtuellen Pendant nicht automatisch um ein soziales Gefüge. Virtuelle Architekturen sind Kommunikationsräume, in denen Daten für einen Nutzer visualisiert werden. Ist die virtuelle Architektur nur für den Gebrauch eines Einzelnen bestimmt, handelt es sich nicht zwangsläufig um einen sozialen Raum. Erst, wenn in der virtuellen Architektur mehrere Nutzer miteinander kommunizieren, kann von einem sozialen Raum gesprochen werden.

Beim virtuellen Raum handelt es sich nicht automatisch um ein soziales Gefüge

4.1.3 Darstellungsraum

Der architektonische Raum der realen Architektur ist ein vom Menschen künstlich geschaffener Raum. Die Tatsache des Geschafenseins verbindet charakteristische Merkmale, die wesentlicher Bestandteil der Raumdefinition sind. Dieser Aspekt des Darstellungsraumes läßt sich aus der realen auf die virtuelle Architektur übertragen. Im virtuellen Raum wird mit Hilfe architektonischer Elemente ein vom Menschen künstlicher hergestellter Raum erzeugt.

Der architektonische Raum der realen Architektur als Darstellungsraum ist nach W. Meisenheimer¹⁹¹ durch seine Existenz, Eigenschaften und die Technik der Darstellung wesentlich an die Materialität seiner Elemente gebunden. Ergänzt wird dieser Ansatz von J. Joedicke¹⁹², der den architektonischen Raum als Summe der Beziehungen zwischen Orten definiert und die Orte als materiell fixierte Ortsbestimmungen beschreibt, die sich als flächige oder linienförmige Materialien artikulieren. Durch die Gebundenheit des architektonischen Raumes an konkrete materielle Werkstoffe ist er in der realen Architektur in das Funktionsgerüst der Umwelt eingespannt und der Naturgesetzlichkeit unterworfen, woraus seine Begrenztheit resultiert. Es kann nur das zur räumlichen Wirklichkeit werden, was sich baulich realisieren läßt.

An dieser Stelle unterscheidet sich der Darstellungsraum der virtuellen von der realen Architektur, da er nicht in das Funktionsgefüge der Umwelt eingebunden ist, woraus eine Autonomie von physischen Gesetzen und materiellen Zwängen resultiert. Mit Hilfe der immateriellen Elemente kann auch das Raumwirklichkeit werden, was sich in der realen Architektur nicht baulich umsetzen läßt. Der Gestalter virtueller Architekturen muß beispielsweise bei der Realisierung seiner Gebäude für kein Element eine bestimmte Materialstärke beachten. Neben der Materialunabhängigkeit ist als wesentlicher Aspekt die Freiheit von physischen Gesetzen zu nennen. Für den Einsatz des Elementes Wand bedeutet es in dem Sinne eine absolute Freiheit, da der Gestalter virtueller Architekturen Wände nicht in einem Abstand anordnen muß, um eine Deckenplatte aufzulegen. Die statische Funktion, eine der Grundfunktionen der realen Architektur, ist damit aufgehoben.

In virtueller Architektur kann auch das Raumwirklichkeit werden, was sich in realer Architektur nicht realisieren läßt

Eine Form der materiellen Begrenzung, der auch der Darstellungsraum der virtuellen Architektur unterliegt, ist durch die Speicher- und Rechenkapazität des Computers gekennzeichnet. Da aber die Entwicklung von Computerchips und die mit ihr verbundene Rechenleistung immer schneller voranschreitet, ist die Einschränkung des Darstellungsraumes in virtueller Architektur in erster Linie durch die geistige Vorstellungskraft des Menschen als durch die graphische Darstellungsfähigkeit des Computers begrenzt.

4.1.4 Aktionsraum

Der architektonische Raum wird durch seine Raumgrenzen mit Hilfe der Wand in beiden Erscheinungsformen (real und virtuell) definiert. Über die Raumhülle vollzieht sich die optische Raumwahrnehmung und der Bezugspunkt für den architektonischen Raum ist der menschliche Körper und seine Bewegung, die Aufschluß über

die Dimensionen des Raumes geben. In der Eigenbewegung sieht H. Muck¹⁹³ eine wesentliche Voraussetzung zur Raumerfassung. Der Mensch besitzt ein angeborenes Erkundungsverhalten, welches auf die Erkenntnis der Umgebung ausgerichtet ist. Dabei stellt die reale Architektur einen angemessenen Rahmen für die menschlichen Bewegungsabläufe und –formen dar. Für das Bedürfnis, Räume zu erforschen, bietet die virtuelle Architektur ein unbegrenztes (Raum-) Angebot. In der Großzahl der Anwendungen der virtuellen Architektur wird dieser Aspekt genutzt, indem der Mensch aktiv Räume begehen und erfahren kann. Dabei ist es nach P. Anders¹⁹⁴ unerheblich, ob die Bewegung real oder virtuell simuliert abläuft. Mit Hilfe der Bewegung können Informationen aufgenommen werden, die nicht primär visuell erfahrbar sind. Die Gefahr für den Nutzer in der virtuellen Architektur besteht darin, daß er sich statisch an einer Stelle im realen Raum befindet, während er sich in der virtuellen Architektur bewegt. Daher kann es zum Effekt der sogenannten „Simulationskrankheit“ kommen.¹⁹⁵

In der realen Architektur übernehmen die raumabschließenden Kanten eine Orientierungsfunktion für den Menschen, indem ein Raum mit Hilfe der äußeren Beschaffenheit seiner Wand eine bestimmte Richtung und damit verbunden eine Bewegung vorgeben kann. Durch die Verbindung von Darstellungs- und Aktionsraum in der virtuellen Architektur bleiben die Wandelemente aufgrund ihrer Immaterialität auf das Visuelle beschränkt und die Wand kann durchschritten werden. Da der Mensch in der realen Architektur durch materielle Wände konditioniert wurde, wird im folgenden Kapitel (s. Kap. 5.4) untersucht, ob schon die visuelle Begrenzung für die Bewegungslenkung in virtueller Architektur ausreichend ist, bzw. wie die Anforderungen an die Oberflächengestaltung aussehen müssen, damit die Wand als eine unüberwindbare Raumgrenze akzeptiert wird und von ihr eine bewegungssteuernde Wirkung ausgeht.

Neben der Bewegungslenkung ermöglicht die Wand in der gebauten Umwelt eine akustische und visuelle Kommunikation sowie einen beschränkten Klimaschutz. Der Aspekt des Klimaschutzes kann in virtueller Architektur vernachlässigt werden, da in ihr keine Witterungsbedingungen bestehen. Die akustische Kommunikation zwischen Nutzern in der virtuellen Architektur befindet sich noch in der Forschung und wird erst in der Zukunft an Bedeutung gewinnen.

4.1.5 Wahrnehmungsraum

In der realen Architektur befindet sich der Mensch über die Sinne in einer direkten Verbindung zum Raum, wobei in der Regel alle bedeutsamen Rezeptorensysteme am Wahrnehmungseindruck beteiligt sind.¹⁹⁶ Tastsinn und visuelle Raumerfahrung sind so eng miteinander verbunden, daß es beim Menschen einen langen Zeitraum in der Entwicklung des Kindes bedarf, um die taktile der visuellen Erfahrung unterzuordnen. Da Architektur als Teil der gegenständlichen Umwelt im wesentlichen visuell über den Gesichtssinn aufgenommen wird, erhält der Mensch 80-90% seiner Umweltinformationen über die Augen. Dieser Aspekt wird für die virtuelle Architektur genutzt, indem er seine räumlichen Informationen beispielsweise über die Ausgabegeräte eines Head-Mountain-

Der Mensch besitzt ein auf die Umgebung ausgerichtetes Erkundungsverhalten

Raumabschließende Kanten übernehmen in der realen Architektur eine Orientierungsfunktion

Displays, eine Projektionsfläche, o.ä. erhält. Der Wahrnehmungsraum der virtuellen Architektur bleibt in erster Linie auf die visuelle Wahrnehmung beschränkt, da die immateriellen Elemente der virtuellen Architektur nur durch technisch aufwendige Interfaces haptisch erfahrbare sind.

Im Gegensatz dazu sind sämtliche Erscheinungsformen der realen Architektur für den Menschen sinnlich erlebbar, wodurch er sein Wissen über Oberflächenstrukturen gewinnt.

Aufgrund der starken visuellen Beanspruchung des Nutzers kann in der virtuellen Architektur das Gefühl für körperliche Widerstände privilegiert werden. Im Bereich der virtuellen Realität wird an haptischen Sinneswahrnehmungen durch die Entwicklung aufwendiger Kraft-Rückkopplungssysteme (engl. Force feedback devices) geforscht, um dem Nutzer das Gefühl für Widerstände zu vermitteln.¹⁹⁷ Die Bedeutung der taktilen Erfahrung in der virtuellen Architektur wird von F. Rötzer als zentral eingeschätzt: *„Nicht der Blick und das Gehör, nicht die Formen, Töne und Worte, sondern der Aufprall der Körper, letztlich der Unfall und der Schmerz, werden im Zeitalter der Simulation zum primären Indiz für Wirklichkeitserfahrung.“*¹⁹⁸

Der Wahrnehmungsraum der virtuellen Architektur bleibt auf die visuelle Wahrnehmung beschränkt

In Bezug auf die reale Architektur spielt die Wahrnehmung eine grundlegende Rolle, welche nicht hinterfragt wird, da die Realität vom Menschen immer ein interpretierendes Sehen gefordert hat. Durch die Technik der virtuellen Realität verlieren die wahrgenommenen Gegenstände ihre Eindeutigkeit. Im Elektronischen Paradigma sieht P. Weibel eine bedeutende Herausforderung für die Architektur, weil es die Realität im Kontext der Medien und der Simulation definiert. *„Es setzt Schein über Sein, das, was gesehen werden kann, über das, was ist.“*¹⁹⁹ Ein interessanter Vergleich wird von A. Bertoli²⁰⁰ gezogen, indem sie die räumliche Wahrnehmung des Menschen im Säuglingsalter auf die virtuelle Architektur überträgt. Bezogen auf die virtuelle Architektur befindet sich der Mensch wieder im Stadium des Säuglings, der eine neue Raumerfahrung, die der virtuellen Architektur erlernen muß.

An dieser Stelle zeigt sich die Auswirkung des Darstellungs- auf den Wahrnehmungsraum. In der virtuellen Architektur beschränken die immateriellen Wandelemente die Wahrnehmung des Nutzers in erster Linie auf eine rein visuelle Informationsaufnahme. Der Wahrnehmungsraum bestimmt die weiteren Kategorien Anschauungsraum, Körper und Raum sowie Form und Raum, die in ihrer Erscheinung als rein optisch-immaterielle Raumkategorien in virtueller Architektur auftreten.

4.1.6 Erlebnisraum

Die wichtige Funktion des Erlebnisraumes besteht in der realen Architektur darin, ein Bezugssystem für den Menschen zu realisieren und ihm damit die Orientierung im Raum zu ermöglichen. Der Erlebnisraum der realen Architektur ist in seinen Dimensionen inhomogen, d.h. er ist der subjektiven Wahrnehmung des Menschen untergeordnet. In einem leeren, unbegrenzten Raum ist eine optische Orientierung der Richtungen oben/unten sowie vorne/hinten nicht möglich. Bei der Orientierung stützt sich der Mensch auf das optische Bezugssystem, welches durch den Raum realisiert wird.

P. Anders²⁰¹ formuliert drei Prinzipien, die für die tägliche Mentalaktivität des Menschen verantwortlich sind: inaktive-, bildliche- und symbolische Mentalität. An das Raumverständnis des Menschen sind die inaktive und bildliche Mentalität gebunden und beziehen sich auf Referenzen innerhalb des Raumes. Die symbolische Mentalität ermöglicht es, Beziehungen zu Objekten und der Umgebung aufzubauen. Ergänzend dazu identifiziert die bildliche Mentalität Objekte und bestätigt die Beziehungen zwischen ihnen. Die drei Mentalitäten stehen in einem unmittelbaren Abhängigkeitsverhältnis zueinander. Für die optische Orientierung bilden die Vertikale und die Horizontale die Hauptachsen. Diese optische Vertikal-/Horizontaldominanz ist das Ergebnis der Gesetze der Schwerkrafteinwirkung. Die Vertikale ist die dominierende Richtung und dient allen anderen dreidimensionalen Raumrichtungen als Bezugssystem.

Die Kategorie des Erlebnisraumes kann nicht in virtuelle Architektur übertragen werden. Aufgrund der Autonomie vom Umwelt-Funktionsraum ist im virtuellen Raum keine Schwerkraft vorhanden, aus der konstruktivbedingt horizontale und vertikale Strukturen resultieren. Dennoch ist beim Menschen vom Kindesalter an ein Grundverständnis für die räumlichen Beziehungen zwischen Objekten vorhanden, welches im Laufe seiner Entwicklung gespeichert und in seinem Erinnerungsvermögen konserviert und abgerufen wird.

Da der Mensch auf ein räumliches Grundwissen zurückgreift, welches er sich von Geburt an in der realen Architektur erworben hat, ist eine Untersuchung der Kategorie des Erlebnisraumes (s. Kap. 5.3) für die virtuelle Architektur von besonderer Bedeutung.

Aufgrund von Schwerelosigkeit sind in virtueller Architektur keine horizontalen und vertikalen Strukturen vorhanden

4.1.7 Anschauungsraum

Ein charakteristisches Merkmal des architektonischen Raumes in der realen Architektur ist die Trennung von Innen und Außen (s. Kap. 3.3.10), welche üblicherweise durch die Wand errichtet wird. Die Hauptfunktion des Raumes der realen Architektur im Sinne von Nutzung und Schutz erfordert eine exakte Abgrenzung des Innenraumes gegenüber Einflüssen und Kräften nach Außen. Aufgrund von fehlenden Witterungseinflüssen im virtuellen Raum kommt dem Anschauungsraum der virtuellen Architektur keine Rolle als Schutzfunktion zu.

Darüber hinaus besteht für den Anschauungsraum der realen Architektur seine Aufgabe darin, die Außenwelt durch eine Innenwelt zu organisieren. Diese ermöglicht dem Menschen das Aufnehmen, Verarbeiten und Strukturieren von Informationen. Mit Hilfe des Raumes ist er in der Lage, mit seiner Umgebung und anderen zu kommunizieren sowie Beziehungen zu Objekten herzustellen. Metaphern aus der physischen Welt werden für die menschliche Kommunikation verwendet. Bei der Raumdurchquerung werden Richtungsbegriffe benötigt und der Raum in einen inneren und einen äußeren Raum eingeteilt. Zentraler Punkt ist dabei der Umstand, daß er ohne ihn keine Orientierung aufbauen und keinen eigenen Lebensraum nutzbar machen könnte.

Der Aspekt des Anschauungsraumes der realen läßt sich uneingeschränkt auf die virtuelle Architektur übertragen. Die Wand stellt wie in der realen Architektur einen Innen- und einen Außenraum

her und ermöglicht dem Menschen die Informationsaufnahme im virtuellen Raum.

Der Unterschied zwischen dem Anschauungsraum der realen und der virtuellen Architektur besteht darin, daß sich in einem konventionellen Gebäude Raum und Zeit in einem kontinuierlichen Verhältnis befinden, d.h. ein Fenster trennt beispielsweise den Innenraum vom Außenraum. Der Nutzer, der sich im Gebäude befindet und nach Außen sieht, befindet sich physisch im Innenraum und psychisch im Außenraum am selben Ort und es sind keine Zeitunterschiede vorhanden. Im Gegensatz dazu ist der Ort in der virtuellen Architektur in dem Sinne instabil, daß er sich jederzeit verändern kann. Die Grenze zwischen Innen- und Außenbereich ist nicht wie in der realen Architektur unverschiebbar definiert, sondern variabel. Dieser Zustand ist auf die immateriellen Raumelemente in virtueller Architektur zurückzuführen.

4.1.8 Gliederungsraum

Der Gliederungsraum der realen Welt beschreibt Architektur als ein Gefüge von Elementen, die Teil eines Ordnungssystems sind. Untereinander stehen diese Elemente in einer Beziehung, die in einer Bandbreite von einer sehr klaren bis zu einer höchst komplexen Struktur zum Ausdruck kommen kann.

Zwei Arten von Ordnungen sind für die reale Architektur von besonderer Bedeutung: die konstruktive- und die funktionale Ordnung. Aus dem Einfluß der Schwerkraft resultiert die konstruktive Ordnung. Sie kommt zu Stande, indem Wandelemente in einem bestimmten Abstand zueinander aufgestellt werden müssen, um Lasten abzutragen. Die funktionale Ordnung resultiert aus den Anforderungen an die Nutzbarkeit eines Raumes. Dazu werden Öffnungen im Raum angeordnet, um den Zugang sowie eine Versorgung mit Licht und Sauerstoff zu ermöglichen. Die Anordnung dieser Elemente wirkt sich in einer gliedernden Struktur auf den Raum aus und schafft damit Orientierungspunkte für den Nutzer.

Der Gliederungsraum der realen Architektur mit seinem Ordnungssystem (konstruktive- und funktionale Ordnung) kann nicht in die virtuelle Architektur übertragen werden. Ausschlaggebend dafür ist wiederum die Unabhängigkeit des Darstellungsraumes vom Umweltraum mit seinen materiellen und physischen Gesetzen. Aufgrund von Schwerelosigkeit werden keine statischen Anforderungen an die Elemente der virtuellen Architektur gestellt. Die Immaterialität und die Autonomie von klimatischen Einflüssen machen eine Öffnung in Form eines Zugangs nicht erforderlich.

Damit eröffnen sich dem Gestalter virtueller Architekturen neue Möglichkeiten in der Nutzungsflexibilität. Reale Architektur zeichnet sich durch ihre statische Erscheinung aus. Sie besitzt eine äußere, aus physischen Materialien bestehende Form und ist dadurch nur in einem beschränkten Maße zu verändern, indem man in einem Raum einzelne Wände versetzen kann. Bauen bedeutet in der realen Architektur zunächst Stillstand, d.h. eine Positionsfindung in Form einer räumlichen Lösung auf bestimmte Bedingungen. Virtuelle Architektur ist dagegen durch immaterielle Strukturen gekennzeichnet, die auf die speziellen Wünsche des Nutzers individuell und flexibel reagieren kann.

Der Gliederungsraum kann nicht in die virtuelle Architektur übertragen werden

Dennoch verfügt auch die virtuelle Architektur über ein Ordnungssystem, welches durch das Computerprogramm strukturiert wird. Der Rechenchip im Computer besitzt eine Struktur, die in enger Beziehung zur virtuellen Architektur steht, da durch seine Speicher- und Darstellungsfähigkeit eine Begrenzung hergestellt wird.

4.1.9 Form und Raum

In der realen Architektur ist die Form das wichtigste Identifizierungsmerkmal eines Raumes. Beide stehen in einer direkten Wechselbeziehung zueinander, da der Raum ohne seine zugehörige Form nicht wahrgenommen werden kann. Durch die flächenmarkierenden Elemente der Wand wird der Raumkörper und damit die architektonische Form realisiert. Die Hauptfunktion der architektonischen Form kommt ihr durch die Rolle als Bedeutungsträger bzw. äußeres Zeichen zu. Ein Gebäudetypus, wie eine Kirche oder eine Fabrik, wird in der Regel durch seine äußere Erscheinung vom Betrachter identifiziert. Durch die physische Materialität der Wand werden kulturelle Informationen im Raum gespeichert und für den Menschen von außen ablesbar.

Die Beziehung von Form und Raum läßt sich in virtuelle Architektur übertragen, da die Elemente des virtuellen Raumes seine formale Gestalt bedingen. Im Gegensatz zur realen Architektur kommt ihr die Rolle als Bedeutungsträger nur bedingt zu. Die Wand der realen Architektur als Bestandteil des Raumes wird dazu verwendet, eine bestimmte Haltung nach außen zu artikulieren. Darin kann der Wunsch des Menschen gesehen werden, etwas über seine begrenzte Lebenszeit hinaus zu erhalten. Mit dieser Haltung ist eine Beständigkeit verknüpft, die im Gegensatz zum digitalen Raum der virtuellen Architektur steht, da sich die Form aufgrund der Immaterialität der Wandelemente ständig verändern kann. Außerdem kann sich der Mensch in der virtuellen Architektur nicht dauerhaft niederlassen, auch wenn sein Kommunikations-, Wahrnehmungs- und Handlungsbereich durch entsprechende Schnittstellen dorthin ausgelagert sind, bleibt der Aufenthalt auf einen temporären Abschnitt begrenzt.

Die Kategorie Form und Raum kann in virtuelle Architektur übertragen werden

In der Tatsache, daß der Nutzer durch die virtuelle Architektur mit dem realen und dem virtuellen Raum konfrontiert ist, sieht M. Wertheim²⁰² die Chance einer pluralistischen Haltung des Menschen gegenüber dem Raum. Das menschliche Raumverständnis ist nicht kulturell, sondern historisch bedingt. Dieser Ansatz wird auch von P. Anders vertreten, der jegliche Art von Raum durch Begriffe gefaßt sieht, die von einer menschlichen Gemeinschaft produziert werden müssen.²⁰³ Mit Hilfe der Sprache als Kommunikationsmittel werden Begrifflichkeiten wie die des Raumes definiert. Die Sprache wiederum ist abhängig von gesellschaftlichen Veränderungen, die sich letztlich auch auf den Raumbegriff auswirken. So haben sich beispielsweise mit der Entwicklung der elektronischen Kommunikation parallel die Begriffe Cyberspace und virtuelle Architektur herauskristallisiert.

4.1.10 Körper und Raum

Die Beziehung zwischen Körper und Raum ist in der realen Architektur dadurch gekennzeichnet, daß baukörperliche Elemente den architektonischen Raum erzeugen und auf der anderen Seite der Raum Bedingung für Körperlichkeit und Wirkung von Körperlichkeit ist. Der Baukörper entsteht aus den ihn begrenzenden Flächen, wobei der Wand eine vermittelnde Funktion zwischen Innen- und Außenraum zukommt.

Bei der Übertragung dieser Kategorie in virtuelle Architektur ist festzustellen, daß auch hier die Beziehung von Körper und Raum durch die Wand hergestellt wird, obwohl das Verhältnis als instabil angesehen werden muß.

Wie bei der Übertragung der Kategorie des Anschauungsraumes verdeutlicht (s. Kap. 4.1.7) stehen sich Innen- und Außenraum in einem labilen Gleichgewicht gegenüber, da sich aufgrund der Immaterialität der Elemente der Innenraum jederzeit verändern kann. Dennoch wird die von D. Salzmann²⁰⁴ als elementarste angesehene Funktion der Baukörperlichkeit als Begrenzung in virtueller Architektur erhalten, auch wenn diese im Gegensatz zur realen Architektur variabel und verschieblich ist.

Ein weiterer Aspekt der Beziehung zwischen Raum und Körper ist in der virtuellen Architektur darin zu sehen, daß die im Raum befindlichen Körper eine Auflösung gegenüber der realen Architektur erfahren. Der Nutzer ist in der Lage, seine körperliche Bewegung in einen anderen Raum zu verlagern, um dort mit weiteren Nutzern in Kontakt zu treten. Während der materielle Raum den Menschen dazu anhält, nacheinander von einem Raum zum anderen zu gehen, kann der Nutzer virtueller Architekturen innerhalb von Sekunden Distanzen zurücklegen, für die er in der realen Architektur mehrere Stunden benötigen würde. Dennoch befindet sich der Mensch gleichzeitig in der realen und in der virtuellen Welt und ist durch das elektronische Equipment (HMD, Stylus, u.a.) von der äußeren Wirklichkeit abgetrennt, um in der virtuellen Architektur interagieren zu können.

Das Verhältnis von Körper und Raum muß als instabil angesehen werden

4.1.11 Raum und Öffnung / Privater- und öffentlicher Raum

Die ursprüngliche Bedeutung des architektonischen Raumes in realer Architektur liegt in der Abgeschlossenheit und damit in seiner Schutzfunktion gegenüber der Umwelt und dem Zutritt fremder Personen. Durch die Öffnung wird sowohl die Verbindung zum umgebenden Raum als auch die Zugangsberechtigung hergestellt. Sie ermöglicht die ungestörte Nutzung und schafft zwei heterogene Bereiche, den privaten- und öffentlichen Raum, zwischen denen sich der Mensch in seinem täglichen Leben bewegt.

Das Gefühl von Privatheit wird dem Nutzer u.a. aus dem Wissen über die Materialität der Wand und die spür- bzw. erfahrbare Sicherheit bezüglich des Verschließens der Öffnung vermittelt. Die Auffassungen zwischen öffentlichen und privaten Bereichen sind abhängig von der Gesellschaft, in der sie praktiziert werden. Eine Stadt reflektiert diese Unterschiede in ihrer baulichen Umwelt. Noch im 17. Jahrhundert war Privatheit ein Recht, welches die Oberschicht so lange für sich in Anspruch nehmen konnte, wie sie

sich nicht im öffentlichen Raum aufhielt.²⁰⁵ Später wurden die privaten Rechte der unteren Klasse zugestanden, es entstand das private Haus. In ihm wird eine Organisation der Raumbereiche von der Terrasse bis zum Schlafzimmer vorgenommen, die öffentliche und private Bereiche verkörpern.

Die Immaterialität der Wandelemente in virtueller Architektur macht eine Öffnung nicht zwingend erforderlich. Ebenso werden an sie durch die Witterungsunabhängigkeit keine Anforderungen an einen physischen Schutz gestellt. Es wird damit die Frage aufgeworfen, wie ein privater und öffentlicher Bereich in der virtuellen Architektur zu realisieren ist und welche Bedeutung die Wand als Element des Raumes für das Empfinden von Privatheit in virtuellen Architekturen besitzt (s. Kap. 5.2 Experiment „Privater- und öffentlicher Raum“). Obwohl der Nutzer in der virtuellen Architektur nur temporär verweilt, um seiner Arbeits- oder Freizeitaktivität nachzugehen, müssen auch hier Bereiche geschaffen werden, in denen er sich ungestört zurückziehen kann. Für W. Mitchel ist der Aspekt der Privatheit ist von besonderer Bedeutung. In ihm sieht er in der virtuellen Architektur einen wichtigen Aufgabenbereich für den Cyberarchitekten. *„Die Konstruktion der virtuellen Städte, wie die aus Stein, müssen Grenzen und Zugangskontrollen erreichen und Cyberarchitekten müssen virtuelle Plätze in öffentliche und private Hierarchien unterteilen.“*²⁰⁶ Untermauert wird diese These von A. Bertoli²⁰⁷, die eine der Hauptaufgaben des Cyberarchitekten darin sieht, Grenzen und Zugangskontrollen wie in der materiellen Architektur zu erreichen, da das Innere des virtuellen Gebäudes in dem Sinne komplett offen ist, um in einem ständigen Informationsaustausch mit der Umgebung zu stehen. Eine Gefährdung der Privatsphäre in virtueller Architektur ist nach F. Rötzer²⁰⁸ darin zu sehen, daß potentiell alle Aktionen, die in virtueller Architektur getätigt werden, von anderen verfolgt werden können. Je mehr die Anzahl der Transaktionen in der virtuellen Architektur ansteigen wird, desto stärker müssen persönliche Rückzugsbereiche ausgebildet werden.

Welche Bedeutung besitzt die Wand für das Empfinden von Privatheit in virtueller Architektur?

4.2 Die Raumkategorien des architektonischen Raumes in virtueller Architektur

Faßt man die Analyseergebnisse der einzelnen Kategorien des Raumes in virtueller Architektur in einer schematischen Übersicht zusammen ergibt sich ein verändertes Bild gegenüber den Kategorien des Raumes der realen Architektur (s. Kap. 3.5). Mit einer grau schattierten Fläche sind die Kategorien belegt, die sich zunächst nicht aus der realen in die virtuelle Architektur übertragen lassen (s. Abb. 30).

Hauptursache dafür ist die Autonomie des virtuellen architektonischen Raumes gegenüber dem Umwelt-Funktionsraum. In ihm herrschen weder physische Gesetzmäßigkeiten noch materielle Zwänge. Mit der Kategorie des Umwelt-Funktionsraumes steht der Darstellungsraum in einem unmittelbaren Zusammenhang. In der realen Architektur beschreibt dieser die Raumelemente als materielle Bestandteile. Im Gegensatz dazu besitzen die Elemente des Darstellungsraumes in virtueller Architektur eine immaterielle Gestalt, so daß auch alle weiteren Kategorien für den Nutzer in erster

Linie visuell erfahrbar sind. Aus diesem Grund bleibt auch der Wahrnehmungsraum für die virtuelle Architektur auf das Visuelle beschränkt, da haptische Sinneswahrnehmungen nur mit einem sehr großen technischen Aufwand zu realisieren sind.²⁰⁹ Aus der Materialität des Darstellungsraumes resultieren in der realen Architektur der private und öffentliche Raum sowie die bewegungssteuernde Funktion des Aktionsraumes. Für die virtuelle Architektur können diese Kategorien zunächst ausgeschlossen werden, da die immateriellen Wände nur eine visuelle Begrenzung darstellen.

Aus der Materialität des Darstellungsraumes resultieren der private- und der Aktionsraum

Aus diesem Grund werden die Kategorien privater und öffentlicher Raum sowie Aktionsraum (s. Kap. 5) mit Hilfe von Experimenten in virtueller Architektur untersucht. Beim privaten und öffentlichen Raum wird der Frage nachgegangen, ob mit einem virtuellen Wandelement in Verbindung eines Raumes ein privater Bereich geschaffen werden kann, obwohl die Raumbegrenzung nur einen visuellen Charakter besitzt (s. Kap. 5.2).

Das Experiment des Aktionsraumes thematisiert die Wand als visuelle Begrenzung der Bewegungslenkung. Hier wird untersucht, ob die Gestaltung der Wandoberfläche einen Einfluß auf die Bewegungslenkung des Nutzers in virtueller Architektur besitzt (s. Kap. 5.3).

Ebenfalls in einem abhängigen Verhältnis zum Umwelt-Funktionsraum befinden sich der Gliederungs- und der Erlebnisraum. Beide Kategorien resultieren aus dem Einfluß der Schwerkraft. Beim Erlebnisraum wirkt sich die Erdanziehungskraft in der Form aus, daß durch sie eine Anordnung der Raumelemente in vertikaler und horizontaler Struktur zu Stande kommt, die letztlich die Orientierung des Menschen im Raum ermöglicht.

Beim Gliederungsraum wirkt sich die Abhängigkeit vom Umwelt-Funktionsraum in Form von Materialität und Schwerkraft auf eine konstruktive und eine funktionelle Gliederung aus, indem Wände in einem bestimmten Abstand verteilt werden müssen, um Lasten abzutragen (konstruktive Gliederung) und Öffnungen zur Licht- und Luftzufuhr (funktionelle Ordnung) notwendig sind.

Da in der virtuellen Architektur keine physikalischen Gesetze und materielle Abhängigkeiten herrschen, können diese beiden Kategorien zunächst ausgeschlossen werden.

Die Kategorien Erlebnisraum und Gliederungsraum können ausgeschlossen werden

Durch ein weiteres Experiment (s. Kap. 5.4) wird die Bedeutung der Kategorie des Erlebnisraumes für die virtuelle Architektur untersucht. Es wird der Frage nachgegangen, welchen Einfluß die Verwendung orthogonaler Strukturen auf die Orientierungsfähigkeit des Nutzers in virtueller Architektur ausübt. Da durch die Übernahme orthogonaler Strukturen gleichzeitig eine konstruktive Ordnung impliziert wird, kann dieser Aspekt des Gliederungsraumes parallel untersucht werden.

Im Gefüge der Kategorien nimmt der Anschauungsraum eine zentrale Position ein. Durch die Wand wird ein Raum aus dem unendlichen virtuellen Raum ausgegrenzt und damit die Informationsaufnahme für den Nutzer ermöglicht. In Beziehung zum Anschauungsraum befinden sich die Kategorien Körper und Raum sowie Form und Raum, die in ihren Funktionen aus der realen in die virtuelle Architektur übertragbar sind. Durch den Anschauungsraum wird ein Innenraum realisiert, der eine körperliche Ausprägung und

Der Anschauungsraum nimmt eine besondere Position ein

eine formale Gestalt besitzt, da diese aber weder an statische noch an materielle Aspekte gebunden ist und dem Raum damit eine Flexibilität und Dynamik verleiht. Aufgrund der immateriellen Erscheinung kann ihr Zustand als instabil bezeichnet werden.

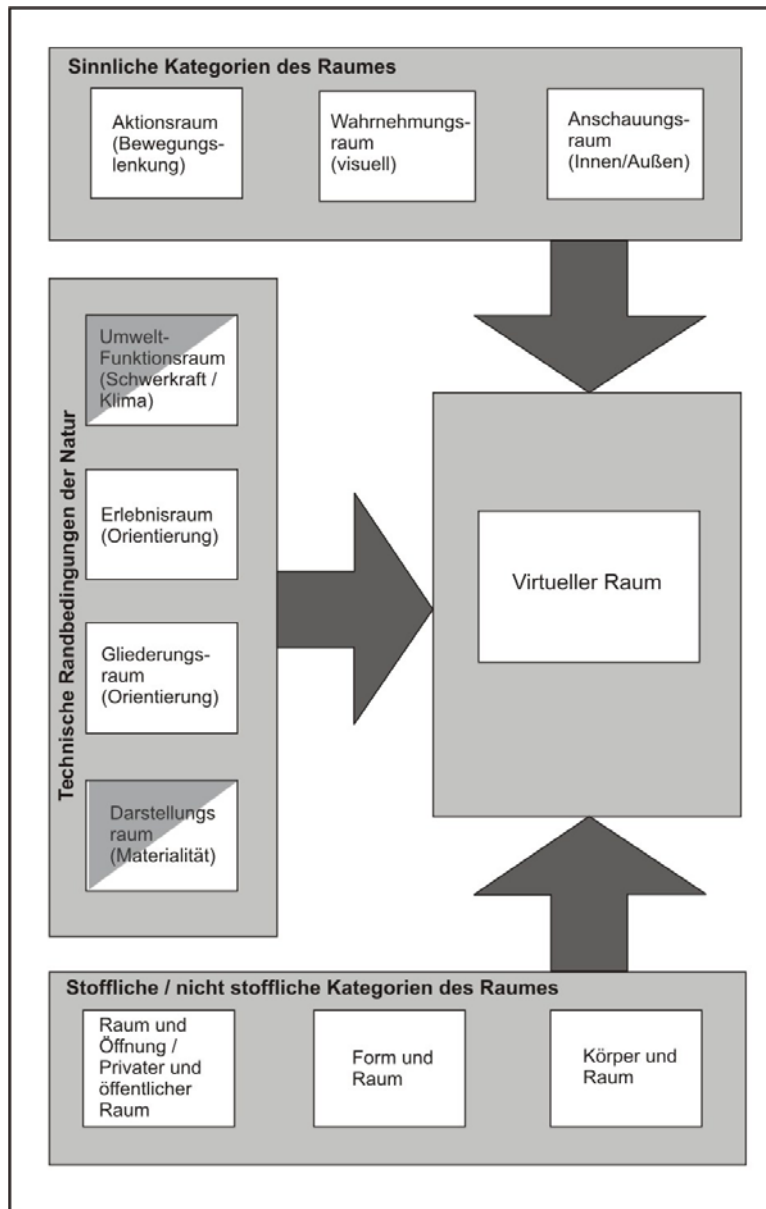


Abb. 30: Die Raumkategorien des architektonischen Raumes in virtueller Architektur

5 EMPIRISCHE UNTERSUCHUNGEN

5.1 Einführung

Im vorangegangenen Kapitel wurden die einzelnen Raumkategorien aus realer in virtuelle Architektur übertragen und bewertet. Als Ergebnis konnte festgehalten werden, daß die Kategorien Erlebnisraum (Gliederungsraum), Aktionsraum, sowie Raum und Öffnung /privater und öffentlicher Raum zunächst nicht zu übertragen sind.

Jede der drei genannten Kategorien beschreibt eine Funktion der Wand bzw. des Raumes (Erlebnisraum/Gliederungsraum = Orientierung, Aktionsraum = Bewegungslenkung, Raum und Öffnung = Privatheit) in realer Architektur, die durch die veränderten Randbedingungen der Immaterialität und der Unabhängigkeit von physischen Gesetzen in virtueller Architektur nicht existieren und dem architektonischen Raum damit ein Höchstmaß an Ungebundenheit und Flexibilität verleihen.

Ausgangspunkt dieser Arbeit ist die Frage, inwieweit sich die Möglichkeiten, die die virtuelle Architektur bietet, ausschöpfen lassen und welche Bedingungen aus der realen Architektur zu übernehmen sind. Hier ist von besonderem Interesse, wann eine architekturähnliche Strukturierung fortzuführen ist, um Handlungs- und Kommunikationsstrukturen für den Nutzer zu sichern.

Mit Hilfe von Experimenten in virtuellen Architekturen und einer empirischen Auswertung werden die drei genannten Raumkategorien auf ihre Bedeutung in virtueller Architektur untersucht.

5.2 Experiment „Privater- und öffentlicher Raum“

5.2.1 Untersuchungsgegenstand und Ziel

Die Aspekte von Raum und Öffnung und dem daraus resultierenden privaten und öffentlichen Raum sind Gegenstand des im folgenden Kapitel beschriebenen Experiments in virtueller Architektur. Ein Raum besteht üblicherweise in der realen Architektur aus einer Boden- und einer Deckenplatte, die durch Wände umschlossen sind.

Mit Hilfe der Öffnung wird die Möglichkeit geschaffen, den Raum zu betreten und die Zugänglichkeit zu kontrollieren. Das Gefühl von Privatheit wird dem Nutzer u.a. aus dem Wissen über die Materialität der raumbildenden Wand und die spür- bzw. erfahrbare Sicherheit bezüglich des Verschließens der Öffnung vermittelt, so daß sich jede Person, die den Raum betreten will, durch die Öffnung bewegen muß. Je nach Art und Ausbildung der Wandstärke kann die im Raum befindliche Person weder gesehen noch belauscht werden.

Im Gegensatz dazu steht die Wand der virtuellen Architektur. Ein von Wänden umschlossener Raum vermittelt nicht dieselbe Privatsphäre wie sein reales Pendant, da seine raumbildenden Wände immateriell sind und von anderen Nutzern durchschritten werden können.

Ziel dieses Versuches ist eine erste Annäherung an die Frage von öffentlichen und privaten Räumen in virtueller Architektur. Dabei soll mit Hilfe des Experimentes aufgezeigt werden, ob die Wand in virtueller Architektur das Gefühl von Privatheit vermitteln kann und dieses durch das Betreten eines mit einer Öffnung versehenen Raumes erreicht wird.

Kann die Wand in virtueller Architektur das Gefühl von Privatheit vermitteln?

5.2.1.1 Hypothesen

Folgende Hypothese bildete die Grundlage für das anschließend im Detail beschriebene Experiment „Raum und Öffnung / privater und öffentlicher Raum“:

Ein durch eine Öffnung betretener Raum vermittelt in virtueller Architektur ein stärkeres Gefühl von Privatheit als ein gleich großer, zu einer Seite hin offener Raum.

Die Annahme dieser Hypothese entspricht der realen Architektur. Es wird davon ausgegangen, daß ein Raum, der durch eine offene Seite einsehbar ist gegenüber einem durch eine Öffnung zu betretenden und damit uneinsehbarerem Raum ein schwächeres Empfinden des Gefühls von Privatheit vermittelt.

5.2.2 Methode

5.2.2.1 Teilnehmer

An dem Versuch nahmen 33 Studierende und Mitarbeiter der Bauhaus-Universität Weimar teil. Das Alter der 10 weiblichen und 23 männlichen Teilnehmer lag zwischen 19 und 45 Jahren mit einem Mittelwert von 25 Jahren. Die Teilnehmer wurden sowohl über Mitarbeiter des Institutes Informatik in der Architektur der Bauhaus-Universität Weimar sowie einen Aufruf im Internet auf der Homepage des Institutes geworben, welcher zu Versuchen in virtuellen Architekturen einlud.

Die Versuchspersonen wurden nicht für die Teilnahme bezahlt. Sie erhielten lediglich eine kleine Aufmerksamkeit für ihre Mitarbeit. Alle Teilnehmer hatten keine oder nur wenig Erfahrung im Umgang mit Virtual-Reality-Anwendungen.

5.2.2.2 Simulationsanlage / Ein- und Ausgabemedium

Der Versuch wurde im Institut der Professur Infor, Informatik in der Architektur, an der Bauhaus Universität Weimar durchgeführt. In einem separaten Raum des Institutes befindet sich die Virtual-Reality-Einrichtung (s. Abb. 31-33). Kernstück der immersionstechnischen Grundlage ist ein VR-Computer. Auf diesem Rechner erfolgen alle Berechnungen zur Generierung der dreidimensionalen virtuellen Umgebung sowie die Kommunikation mit den Ein- und Ausgabemedien.

Als Ausgabemedium diente ein Head-Mounted-Display Virtual Research VR4 in Color-NTSC-Auflösung mit monoskopischer Steuerung. Das computergenerierte Bild wurde vom Rechner auf die beiden Monitore des Head-Mounted-Displays übertragen. Die Positionsbestimmung wurde mit einem magnetischen Tracking-System, Polhemus Fastrak mit Long Range Transmitter, realisiert. Unterhalb des magnetischen Feldes stand der Versuchsperson eine Fläche von ca. 8 m² zur Verfügung, auf der sie sich frei bewegen konnte. Mit Hilfe des Eingabegerätes, einem Stylus der Firma Polhemus konnte sich die Versuchsperson in der virtuellen Umgebung bewegen. Die Bewegung wurde durch einen Knopf am Stylus induziert. Erfolgte kein Bewegungsimpuls der Versuchsperson verweilte diese an der Stelle in der virtuellen Architektur. Die maximale Translationsgeschwindigkeit betrug 3.3 m/s und glich damit einer Bewegung in der realen Architektur.



Abb. 31: Versuchsperson mit VR-Interaktionsgeräten

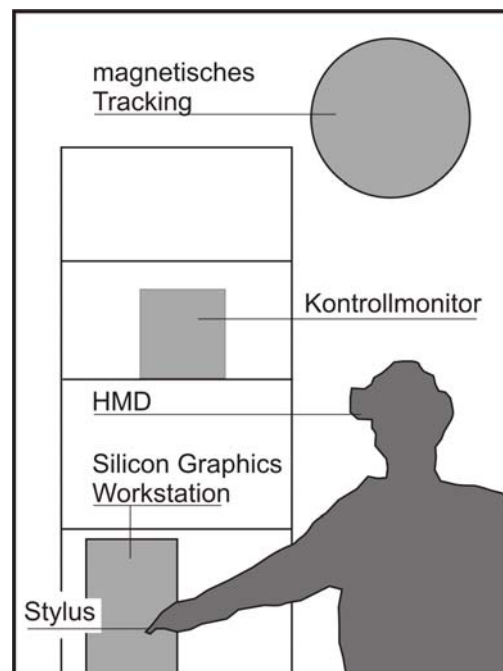


Abb. 32: Schematische Übersicht zur Abbildung 31

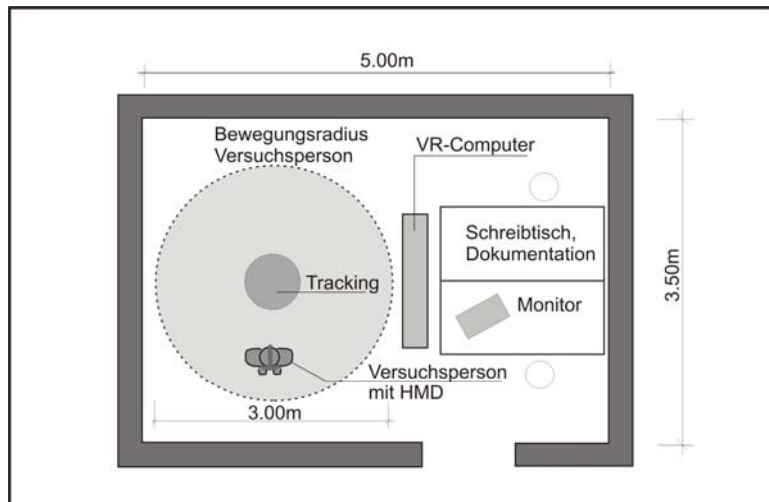


Abb. 33: Schematischer Grundriß des Versuchsraumes

5.2.2.3 Design

Als Versuchsumgebungen wurden vom Verfasser dieser Arbeit zwei virtuelle Architekturen entwickelt. Ausgangspunkt bildete eine quadratische Grundplatte mit einer Kantenlänge von 60 Metern, auf der ein ebenfalls quadratischer Raum mit einer Kantenlänge von 40 Metern angeordnet und von einer vier Meter hohen Wand allseitig umschlossen war. An jeder der vier Wandseiten befand sich eine Öffnung in Form einer Nische, die vom Raum aus zugänglich war und in ihren Dimensionen variierte. Die kleinsten Nischen besaßen eine Abmessung von vier auf sechs sowie von fünf auf drei Metern. Die zwei größeren Nischen waren zehn auf neun sowie zehn auf sieben Metern dimensioniert. Die Abbildungen 34 bis 36 veranschaulichen die Versuchsumgebung in Grundrißdarstellungen und aus der Sicht der Versuchsperson.

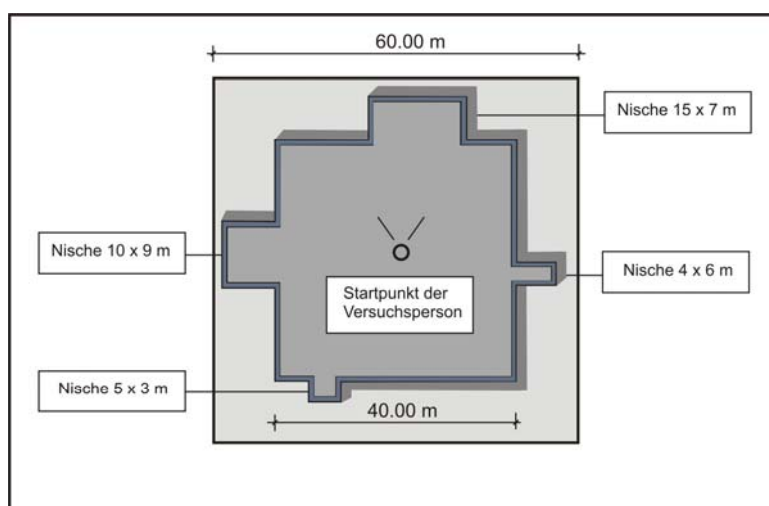


Abb. 34: Schematischer Grundriß der virtuellen Umgebung mit den offenen Nischen

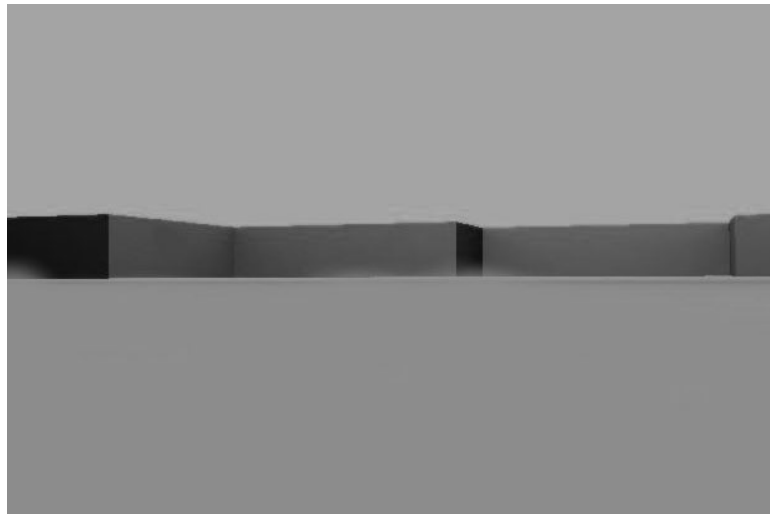


Abb. 35: Blick aus Sicht der Versuchsperson in die Umgebung mit offenen Nischen

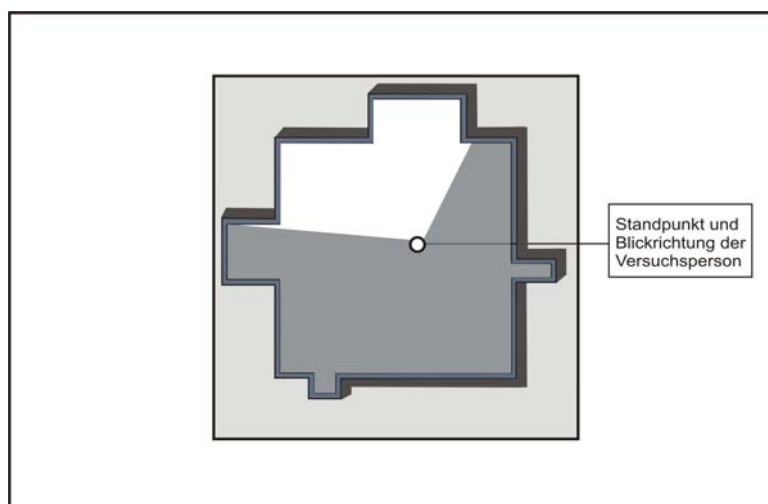


Abb. 36: Standpunkt und Blickrichtung der Versuchsperson im Grundriß zur Abbildung 35

Auf der Grundlage der bestehenden Umgebung wurde die zweite Versuchsumgebung erstellt. Die Grundplatte und der quadratische Raum wurden übernommen und an drei der vier Nischen wurden Veränderungen durchgeführt. Die Nische mit den Abmessungen vier auf sechs Meter wurde um zwei Meter verbreitert und in ihrer Tiefe belassen. Auf der Vorderseite wurde die Nische durch eine Wandscheibe geschlossen und mit einer türähnlichen Öffnung mit einer Breite von einem Meter und einer Höhe von zweieinhalb Metern versehen. Die ihr gegenüber angeordnete Nische mit den Abmessungen zehn auf neun Metern wurde ebenfalls mit einer Wandscheibe geschlossen und mit derselben türähnlichen Öffnung in der Nischenmitte versehen. Die breiteste Nische mit den Abmessungen fünfzehn auf sieben Metern wurde nicht komplett geschlossen, sondern auf ihrer Vorderseite mit einer sechs Meter breiten Wandscheibe in der Mitte versehen, so daß auf der rechten

und der linken Seite der Nische ein offener Zugang entstand. Die Nische mit den Abmessungen fünf auf drei Metern wurde ohne Veränderungen übernommen. In den Abbildungen 37 bis 39 wird die Versuchsumgebung in Grundrißdarstellungen und aus der Sicht der Versuchsperson veranschaulicht.

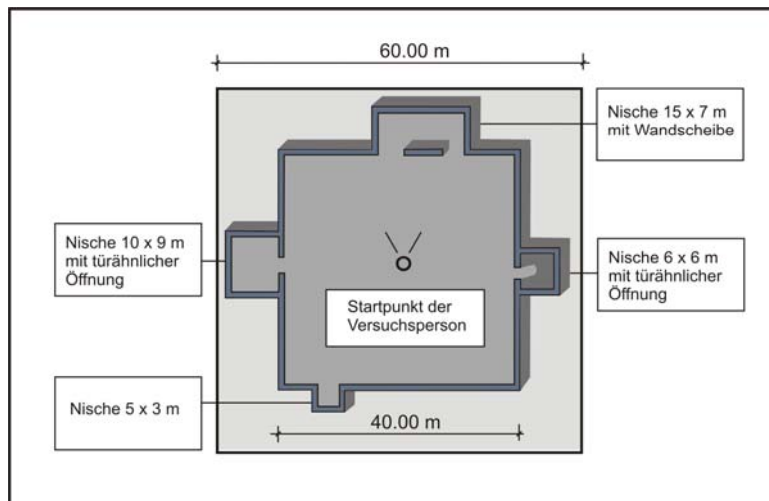


Abb. 37: Schematischer Grundriß der virtuellen Umgebung mit türähnlichem Zugang zur Nische

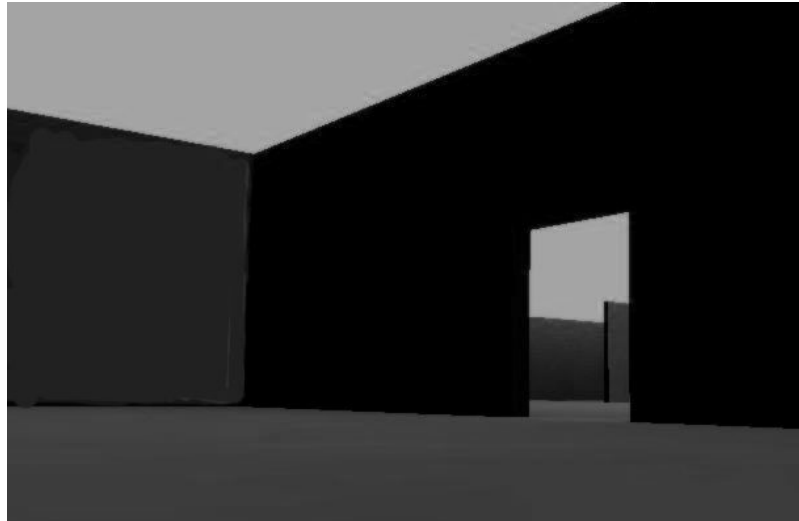


Abb. 38: Blick aus Sicht der Versuchsperson in die Umgebung mit türähnlichem Zugang zur Nische

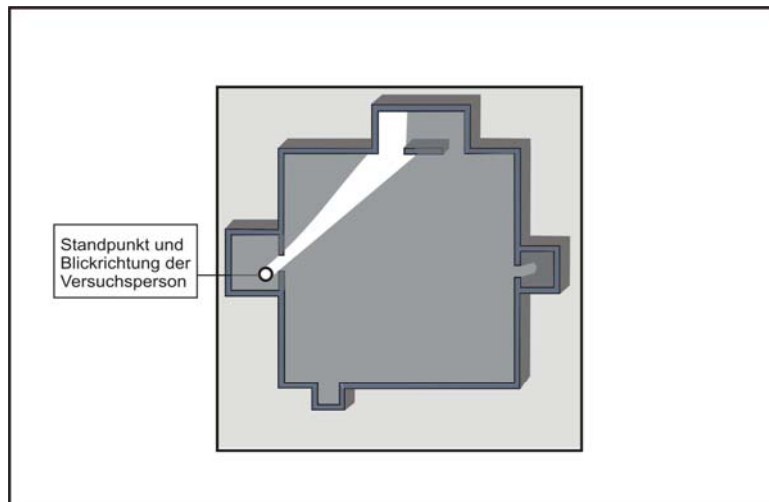


Abb. 39: Standpunkt und Blickrichtung der Versuchsperson im Grundriß zur Abbildung 38

Vom Verfasser dieser Arbeit wurde ein Fragebogen entwickelt, der das Gefühl und den Grad von Privatheit in der virtuellen Umgebung ermittelt. Der Fragebogen bestand aus 52 Fragen und war in drei Hauptbereiche gegliedert. Im ersten Teil wurden zunächst Angaben zur Person und ihrer mentalen Verfassung gemacht. Daran schlossen sich allgemeine Fragen zum Umgang mit VR- und Computersystemen an. Der dritte Teil bezog sich auf die für die Versuchsperson gestellte Aufgabe in der virtuellen Umgebung. Sein Schwerpunkt bestand aus sechzehn Aussagen, die jede für sich einen Aspekt des Gefühls Privatheit beschreibt. Dazu wurden ausschließlich geschlossene Fragen und Items²¹⁰ mit Antwortvorgaben verwendet.

5.2.2.4 Prozedur

Zu Beginn des Experiments wurden die Versuchspersonen mit der technischen Einrichtung vertraut gemacht. Nachdem ihnen vom Versuchsleiter das Head-Mounted-Display aufgesetzt und der Tracker in die Hand gegeben wurde, hatten sie eine Eingewöhnungsphase, in der sie sich sowohl mit der Umgebung als auch mit der Steuerung vertraut machen konnten.

Nach Abschluß der Eingewöhnungsphase wurde den Versuchspersonen die Aufgabe mitgeteilt, einen Ort in der virtuellen Umgebung zu suchen, an der sie mit ihrem Freund oder Freundin ein sehr vertrautes Gespräch führen würden. Wenn sie der Meinung seien, diesen Ort gefunden zu haben, sollten sie sich akustisch bemerkbar machen. Vom Versuchsleiter wurde auch auf die Möglichkeit hingewiesen, den Versuch ohne eine Entscheidung für einen Ort zu beenden. Zu Beginn des Experiments befanden sich die Versuchspersonen in der Raummitte.

Durch ein Losverfahren wurden die Versuchspersonen einer der Gruppen zugeteilt und dann mit der jeweiligen Umgebung konfrontiert, so daß randomisierte²¹¹ Gruppen entstanden. Während des Versuches wurden die Versuchspersonen nicht gestört und die

Entscheidung für einen Ort in der virtuellen Umgebung sowie die aufgewendete Zeit wurden vom Versuchsleiter protokolliert.

Unmittelbar nach dem Verlassen der virtuellen Umgebung wurde den Versuchspersonen der Fragebogen in einem separaten Raum zum Ausfüllen ausgehändigt.

5.2.2.5 Ergebnisse und Diskussion

Zunächst wurde aufgrund der empirischen Befragung die mentale Verfassung der Versuchspersonen mit Hilfe des ersten Fragenkomplexes ermittelt. Dabei konnte festgestellt werden, daß sich beide Gruppen in einer positiven Haltung gegenüber dem Experiment befanden und keine Unterschiede zwischen ihnen festzustellen waren.

Dasselbe Ergebnis ergab sich bei der Überprüfung der vorhandenen Computerkenntnisse. Der Vergleich zwischen beiden Gruppen wies keine signifikanten Unterschiede auf, so daß die Erfahrung mit Computer- und Virtual-Reality-Systemen bei beiden Gruppen im gleichen Umfang vorhanden war, wovon lediglich nur einer der Teilnehmer angab, die im Experiment angewendete oder ähnliche VR-Technik mehrmals im Monat zu benutzen. Die restlichen Teilnehmer hatten noch keine Erfahrung im Umgang mit VR-Systemen.

Von keinem der 33 Teilnehmer wurde das Experiment vorzeitig abgebrochen. Obwohl den Versuchspersonen die Option angeboten wurde, das Experiment auch zu beenden, ohne sich für einen Ort entschieden zu haben, wurde von allen Teilnehmern ein Ort für das vertraute Gespräch in der virtuellen Umgebung gewählt. Dabei ergab sich für die erste Gruppe, welche mit der Umgebung konfrontiert wurde, deren Nischen mit Wandscheiben und türähnlichen Öffnungen versehen waren, folgende Verteilung der gewählten Orte, die Abbildung 40 veranschaulicht.

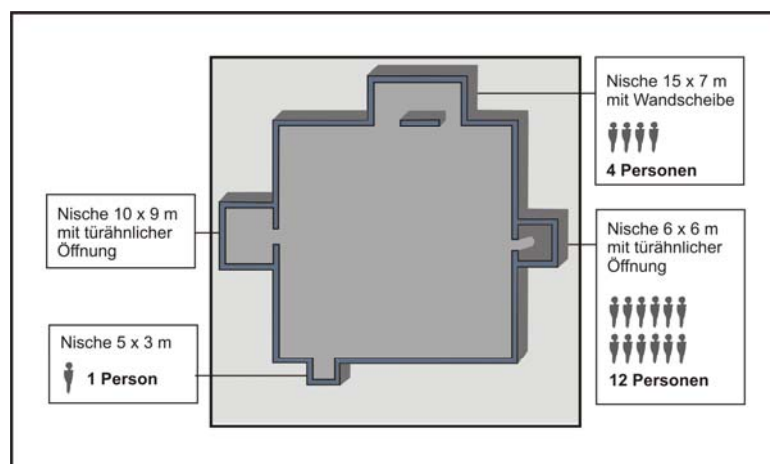


Abb. 40: Graphische Darstellung der Wahl des Ortes von den Versuchspersonen in der Umgebung mit türähnlichem Zugang zur Nische

Von den 17 Versuchspersonen der ersten Gruppe entschieden sich 70,5 % für den Raum mit türähnlicher Öffnung und den Abmessungen acht auf sechs Metern. Der Raum mit der Wandscheibe wurde von 23,5 % der Versuchspersonen ausgewählt. Nur 6 % der Teilnehmer (entspricht einer Person) entschieden sich für die offene Nische. Der große Raum mit türähnlicher Öffnung und den Abmessungen zehn auf neun Metern wurde von keinem Teilnehmer gewählt.

Bei der zweiten Gruppe, die mit der Umgebung von vier offenen Nischen in diversen Größenabstufungen konfrontiert wurde, ergab sich folgende Verteilung der gewählten Orte, die Abbildung 41 illustriert.

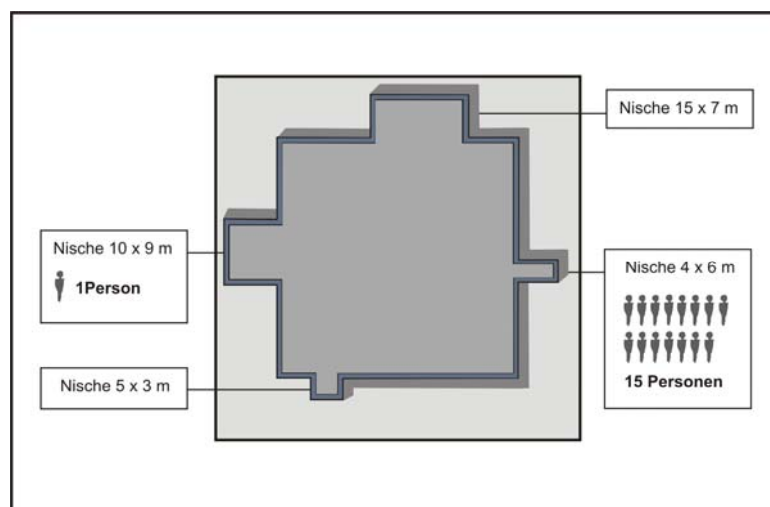


Abb. 41: Graphische Darstellung der Wahl des Ortes von den Versuchspersonen in der Umgebung mit offenen Nischen

Von den 16 Versuchspersonen der zweiten Gruppe entschieden sich 93,8 % für die Nische mit geringster Breite von vier Metern und einer Raumtiefe von sechs Metern. 6,2 % (entspricht einem Teilnehmer) haben sich für die Nische mit den Abmessungen zehn auf neun Metern entschieden. Die zwei weiteren zur Disposition stehenden Orte wurden von keinem der Versuchspersonen gewählt.

Mit Hilfe des Fragebogens wurden sechzehn Aussagen formuliert, die das Gefühl von Privatheit beschreiben. Die Versuchspersonen sollten auf einer bipolaren siebenstufigen Skala mit einem neutralen Mittelwert angeben, wie sehr sie den einzelnen Aussagen entweder zustimmen oder sie ablehnen. Der Skalenbereich variierte zwischen den Werten -3 bis +3, wobei der negative Bereich eine Ablehnung markierte und der positive Bereich eine Zustimmung.²¹²

Ein Fragebogen mit sechzehn Aussagen beschreibt das Gefühl von Privatheit

Für die in den folgenden Abschnitten beschriebenen Versuche (s. Kap. 5.3 Experiment „Erlebnisraum“ und Kap. 5.4 Experiment „Aktionsraum“) wurden ebenfalls die o.a. siebenstufigen Skalen mit demselben Skalenbereich verwendet.

Aus den sechzehn Aussagen wurde der Mittelwert gebildet und zur Überprüfung der statistischen Hypothese der t-Test durchgeführt. Der Mittelwert der ersten Gruppe (Wandscheibe und Öffnungen) weist mit 4,6 gegenüber der zweiten Gruppe (offene Nischen) einen hoch signifikanten Unterschied auf ($t=7.34$; $p<0.001$).

Mit dem Experiment konnte ein statistischer Zusammenhang zwischen der Beschaffenheit eines Raumes und dem Empfinden von Privatheit in virtueller Architektur nachgewiesen werden. Damit wird die Hypothese bestätigt, daß durch das Betreten eines mit einer Öffnung versehenen Raumes das Gefühl von Privatheit vermittelt wird. Abbildung 42 illustriert in einem Balkendiagramm die Mittelwerte beider Gruppen in der Gegenüberstellung.

Die Beschaffenheit eines Raumes hat einen Einfluß auf das Empfinden von Privatheit

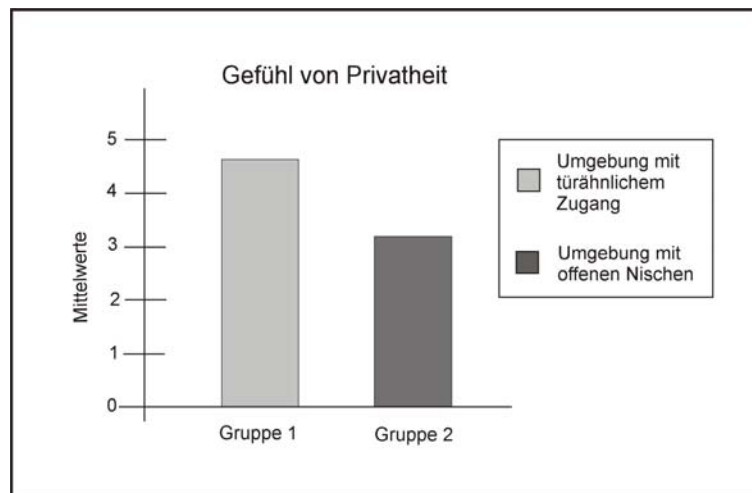


Abb. 42: Mittelwerte der Ermittlung des Gefühls von Privatheit

Bei einer differenzierten Betrachtung der sechzehn Aussagen über das Empfinden von Privatheit in der virtuellen Architektur (s. Abb. 43) weisen folgende sechs Items einen besonders hohen Wert in der Umgebung mit den begehbaren Öffnungen gegenüber der Umgebung mit den offenen Nischen auf:

Item	Umgebung mit türähnlichen Öffnungen	Umgebung mit offenen Nischen
Uneinsehbarkeit	5.05	2.55
Ungestörtheit	5.32	3.00
Entspannung	4.73	3.18
Freie Rede	5.32	3.55
Geborgenheit	4.32	2.18
Ruhe	5.27	3.73

Abb. 43: Items mit besonders hohen Werten im Vergleich beider Versuchsumgebungen

Diese Werte lassen den Schluß zu, daß die materielle Eigenschaft der Wand als Schutzfunktion vor visuellen und persönlichen Kontakten in virtuelle Architektur übertragen wird.

Die materiellen Eigenschaften der Wand werden in die virtuelle Architektur übertragen

Obwohl es sich bei den in der virtuellen Umgebung dargestellten Wänden nur um eine visuelle Raumbegrenzung handelt, wird von ihnen ein Ort geschaffen, an dem sich der Nutzer zurückziehen kann. Die Werte der Items Uneinsehbarkeit, Ungestörtheit, Entspannung, freie Rede, Geborgenheit und Ruhe bestätigen diese These. Für die Gestaltung virtueller Architekturen bedeutet diese Erkenntnis, daß schon eine Umschließung des Nutzers in Form eines Raumes ausreicht, um einen privaten Bereich zu definieren.

Darüber hinaus wird von den virtuellen Wänden das Gefühl eines visuellen Schutzes vermittelt, welches durch den hohen Wert des Items Uneinsehbarkeit angezeigt wird. Bei dem durchgeführten Experiment wurde die Höhe der umschließenden Wand bewußt auf vier Meter festgelegt und für den gesamten Raum auf dieser Höhe belassen. Damit sollte einerseits der Versuchsperson das Gefühl einer visuellen Umschließung vermittelt werden und andererseits wurde darauf geachtet, daß nur die Beschaffenheit des Raumes in seiner horizontalen Ausdehnung als unabhängige Variable eingeführt wurde. Durch die Variation der Raumhöhe würde eine zweite unabhängige Variable hinzugefügt werden, welche die Auswertung und die Interpretierbarkeit des Ergebnisses beeinflusst. Im Rahmen weiterer Forschung könnte der Frage des Einflusses der Raumhöhe auf das Empfinden von Privatheit in virtuellen Architekturen nachgegangen werden.

Die niedrigsten Werte finden sich in beiden Gruppen bei den Items Auffindbarkeit 2,86 (Versuchsumgebung mit Öffnungen) / 2,73 (Versuchsumgebung mit offenen Nischen) und Zugänglichkeit 2,55 (Versuchsumgebung mit Öffnungen) / 2,18 (Versuchsumgebung mit offenen Nischen). Da es sich bei der virtuellen Versuchsumgebung mit den Öffnungen um nicht verschließbare und lediglich frei begehbare Öffnungen handelt (s. Abb. 44), läßt das Ergebnis den Schluß zu, daß auch hier die Übertragung der Bedeutung der Öffnung aus der realen in die virtuelle Architektur stattgefunden hat. Der Versuchsteilnehmer sieht die Öffnung als einen Zugang zum Raum an, der jederzeit von einer weiteren Person betreten werden kann. Für weitere Forschungen wäre es interessant zu untersuchen, welchen Einfluß eine verschließbare Öffnung in Form einer Tür mit Zugangskontrolle auf das Empfinden bzw. den Grad von Privatheit in virtuellen Architekturen besitzt.

Die Bedeutung der Öffnung als Zugangselement wird in virtuelle Architektur

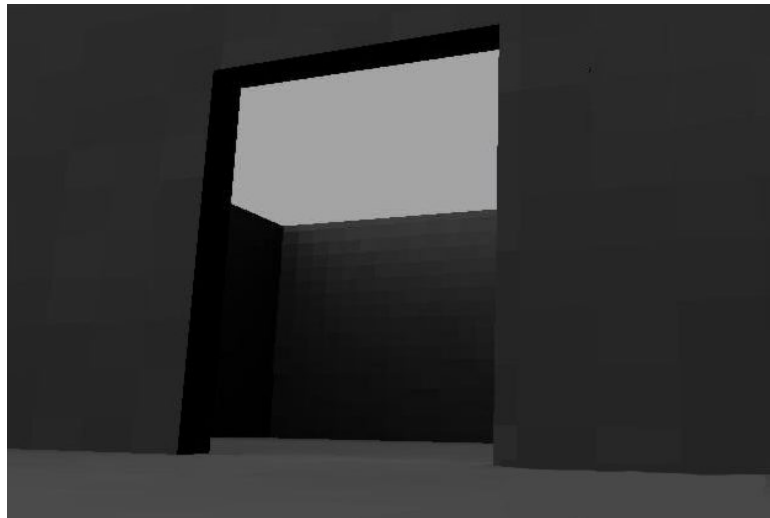


Abb. 44: Frei begehbare Öffnung der virtuellen Versuchsumgebung

Vergleicht man beide Gruppen in Bezug auf die Wahl des Ortes miteinander, so wird deutlich, daß ein geschlossener Raum, der durch eine Öffnung zu betreten ist, gegenüber einem zu einer Seite offenen Raum für eine private Handlung vorgezogen wird (s. Abb. 39).

In der virtuellen Versuchsumgebung, die aus vier unterschiedlich großen Nischen bestand, wurde zu 93,8 % die schmale Nische mit den Abmessungen vier auf sechs Metern gewählt (s. Abb. 45)

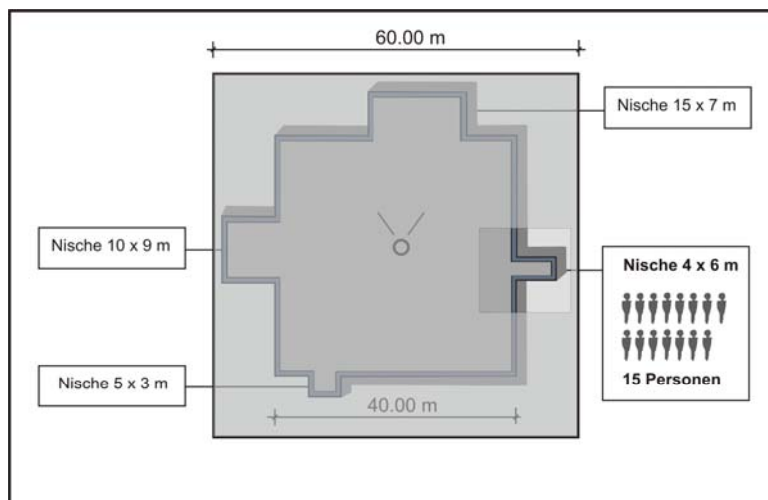


Abb. 45: Meistgewählter Ort in der Umgebung mit offenen Nischen

In der zweiten Versuchsumgebung, die aus drei Räumen mit Öffnungen und einer offenen Nische bestand, entschied sich lediglich eine Versuchsperson für die offene Nische. Aus diesem Ergebnis kann gefolgert werden, daß, wenn die Möglichkeit besteht, einen Raum mit einer Öffnung zu wählen, dieser der zu einer Seite ge-

öffneten Nische vorgezogen wird. Das Gefühl von Privatheit wird in diesem Raum viel stärker empfunden als in der offenen Nische.

Die Annahme, daß bei der Umgebung mit Räumen, die eine Öffnung enthielten, die Entscheidung für einen Ort schneller getroffen wurde, konnte nicht bestätigt werden. Um sich für einen Ort für das vertraute Gespräch zu entscheiden, benötigten die Versuchspersonen der ersten Gruppe (Versuchsumgebung mit Öffnungen) im Mittel 153 Sekunden und die zweite Gruppe (Versuchsumgebung mit offenen Nischen) im Mittel 116 Sekunden, wobei kein signifikanter Unterschied festzustellen war. Der geringe Zeitunterschied zwischen den beiden Gruppen ist möglicherweise darauf zurückzuführen, daß die erste Umgebung durch die Öffnungen in dem Sinne als komplexer empfunden wurde, da sie von den Versuchspersonen mehr Zeit zur Erkundung in Anspruch nahm als die Umgebung mit den offenen Nischen.

Die gewonnenen Ergebnisse zeigen, daß mit dem Experiment eine erste Annäherung zur Beschreibung von privaten und öffentlichen Räumen in virtuellen Architekturen stattgefunden hat. Es konnte anschaulich nachgewiesen werden, daß Wände als Elemente umschlossener Räume dem Nutzer virtueller Architekturen das Gefühl von Privatheit vermitteln.

Mit Hilfe des Fragebogens wurde ein Instrument entwickelt, das es erlaubt, in virtuellen Architekturen das Gefühl von Privatheit zu ermitteln. Für weitere Experimente sollte auf der Grundlage der Versuchsergebnisse eine Überarbeitung der sechzehn Aussagen stattfinden, so daß Items, die einen niedrigen Mittelwert aufwiesen, eventuell durch neue Items ersetzt werden.

Da das Empfinden von Privatheit in realer Architektur von weiteren Faktoren, wie etwa den Lichtverhältnissen, dem Geräuschpegel oder der bereits erwähnten Raumhöhe beeinflusst werden kann, könnten in zukünftigen Forschungen diese Faktoren als unabhängige Variable eingeführt und untersucht werden. Ein weiterer Ansatzpunkt für Experimente wäre der Einfluß von Transparenzen der Wand auf das Empfinden von Privatheit in virtuellen Architekturen. Zentrales Anliegen wäre hier die Frage, ob eine Wand, durch die der Nutzer hindurchsehen kann gegenüber einer blickdichten Wand einen öffentlicheren Bereich definiert.

5.3 Experiment „Erlebnisraum“

5.3.1 Untersuchungsgegenstand und Ziel

Ausgangspunkt für das Experiment sind die Aspekte des Erlebnisraumes in virtueller Architektur. Bei der optischen Orientierung des Menschen in realer Architektur nimmt die Vertikale innerhalb der möglichen Richtungsbezüge eine besondere Position als Achse zur Schwerkraft ein. Zu ihr werden alle Richtungsbezüge ins Verhältnis gesetzt und letztlich definiert sie die Horizontale. Mit ihrer Hilfe erhält der Mensch ein optisches Hauptachse, welche eine wesentliche Rolle bei der Orientierung im Raum spielt. Die Bedeutung dieser Kategorie soll mit Hilfe des Experimentes für virtuelle Architekturen untersucht werden.

Zentrales Anliegen des Experimentes ist es, in engem Zusammenhang zu bestehenden Untersuchungen zum Heimfindeverhalten in virtuellen Umgebungen, die Bedeutung von orthogonalen Strukturen für die Orientierung in virtuellen Architekturen zu untersuchen.

Innerhalb der Psychologie gibt es eine lange Tradition der Untersuchung von räumlichen Orientierungs- und Lernleistungen.²¹³ Zwei wesentliche Forschungsstränge haben sich dabei herausgebildet: Eine weitgehend an beobachtbarem Raumorientierungsverhalten ausgerichtete tierpsychologische Forschung und eine weitgehend an diagnostizierbaren räumlichen Wissensstrukturen ausgerichtete humanpsychologische Forschung. Beide Forschungsstränge haben sich in den letzten Jahren im Bereich der Untersuchung von bewegungsbegleitenden Prozessen der Kodierung von Rauminformationen angenähert.²¹⁴

Im Max Planck Institut für biologische Kybernetik werden derzeit Fragen der Raumkognition im Zusammenhang mit virtuellen Umgebungen erforscht.²¹⁵ Im Gegensatz zu realen Umgebungen verliert eine im virtuellen Raum befindliche Person sehr schnell die Orientierung. Unter Verwendung der Technik der virtuellen Realität wurde in einer Reihe von Raumorientierungsexperimenten der Frage nachgegangen, welche Sinnesinformationen essentiell für eine genaue Raumorientierung notwendig sind und wie die diversen Informationen im Gehirn zusammengefügt und verarbeitet werden können.²¹⁶ Dabei konnte unter anderem die wichtige Einflußgröße der Eigenbewegung herausgearbeitet werden.

Ähnliche Ansätze werden seit 1995 in dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft initiierten Schwerpunktprogramm „Raumkognition - Repräsentation und Verarbeitung räumlichen Wissens“ unter der Koordination von Prof. Chr. Freksa verfolgt.²¹⁷ Das vorrangige Ziel der interdisziplinären Forschungsgruppe besteht ebenfalls in der Integration der räumlichen Information und der Übertragung auf die Problematik der Mensch-Maschine-Schnittstelle.

Als eine Methode zur Messung der bewegungsbegleitenden Kodierung von Richtungs- und Distanzinformationen hat sich in der Navigationsforschung die Methode der sogenannten „Dreiecksvervollständigung“ oder „Heimfindeverhalten“ etabliert (s. Abb. 46). Diese wurde zuerst bei Tieren und später auch beim Menschen vielfach angewendet.²¹⁸ Dazu bewegt sich die Versuchsperson von

Welche Bedeutung besitzen orthogonale Strukturen für die Orientierung in virtueller Architektur?

einem Ausgangspunkt entlang einer Strecke zu einem Punkt A. Nach Erreichen des Punktes und einer Drehung bewegt sich die Versuchsperson dann entlang der zweiten Strecke zum Punkt B und geht von hier aus auf direktem Weg zum Ausgangspunkt zurück. Der sogenannte „Homingfehler“ ist die gemessene Distanz zwischen Ausgangspunkt und Endpunkt. Je geringer die Distanz zwischen Ausgangspunkt und Endpunkt ist, desto besser kann sich die Versuchsperson im Raum orientieren.

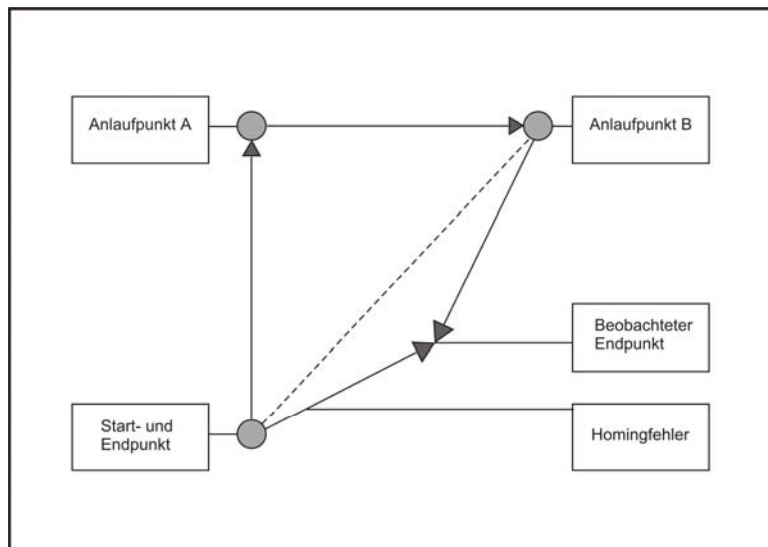


Abb. 46: Schematische Darstellung der Dreiecksvervollständigung

Loomis et al.²¹⁹ untersuchten Heimfindeverhalten unter Ausschluß jeglicher visueller und akustischer Informationen. Dazu wurden Probanden die ersten zwei Schenkel eines Dreiecks geführt. Am Ende des zweiten Schenkels angelangt, sollten sie sich in Richtung des subjektiv angenommenen Ausgangspunktes drehen und dann zu diesem Punkt zurückkehren. Es zeigte sich, daß die Versuchspersonen in der Lage waren, allein aufgrund von sensomotorischer Bewegungsinformation diese Aufgabe zu bewältigen.

Für ihre Untersuchungen adaptierten Mark et al.²²⁰ die geschilderte Methode von Loomis et al. und setzten virtuelle Umgebungen ein, um Heimfindeleistungen auf der Basis rein visueller Informationen zu untersuchen und mit solchen unter rein sensomotorischen Bedingungen zu vergleichen.

Die computergestützte Simulation der Virtuellen Realität besitzt entscheidende Vorteile gegenüber herkömmlichen Methoden der Untersuchung von räumlich-kognitiven Prozessen, da ein erhöhter Grad an Freiheit bei der Gestaltung von Rauminhalten und -strukturen vorhanden ist. Beispielsweise können gezielte Manipulationen von Umwelteigenschaften vorgenommen und Bewegungsvorgänge elektronisch aufgezeichnet werden.²²¹ Bei den Versuchen von Mark et al. handelte es sich nicht um voll immersive Umgebungen.²²² Zur Durchführung ihrer Experimente wurde eine großflächig projizierte, computergenerierte virtuelle Umgebung verwendet, in der die Versuchspersonen mit Hilfe eines Joysticks visuell simulierte Bewegungen induzieren konnten. Die virtuelle Umgebung bestand aus sechzehn gleichmäßig in einem Kreis auf-

gestellten Zylindern (s. Abb. 47). Das zu navigierende Dreieck befand sich in randomisierter Orientierung und Position inmitten im Kreis und wurde durch einen nicht markierten Ausgangspunkt, einen roten Zylinder und einen blauen Zylinder definiert. Als unabhängige Variablen wurden von Mark et al. einerseits eine Untergruppe von Dreiecksgeometrien verwendet, wobei der Winkel des Dreiecks zwischen 60 und 120 Grad variierte und andererseits der einsehbare Raumanteil während der Navigation systematisch verändert wurde.

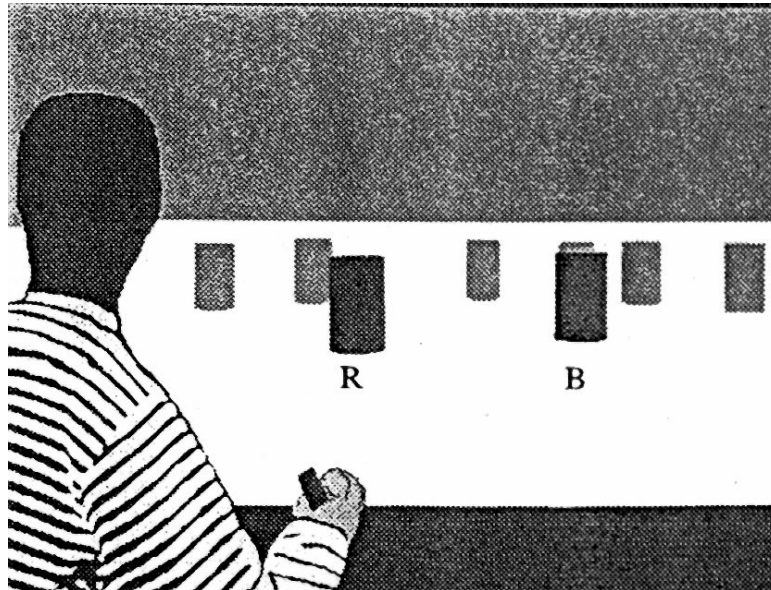


Abb. 47: Schematische Darstellung der Versuchsanordnung von Mark et al.

Auf der Grundlage der Versuche von Mark et al. wurde vom Verfasser dieser Arbeit das Grundprinzip der Dreiecksvervollständigung in virtuellen Umgebungen übernommen, um den Einfluß von orthogonalen Strukturen auf die Orientierungsleistung der in virtueller Architektur befindlichen Person zu untersuchen. Im Gegensatz zu Mark et al. wurde jedoch nicht der Winkel des Dreiecks und das Gesichtsfeld variiert. Als unabhängige Variable wurde in der jeweiligen Umgebung die Position der Wandscheibe zum Boden verändert.

5.3.1.2 Hypothesen

Folgende Hypothesen bildeten die Grundlage für das hier im Detail beschriebene Experiment des „Erlebnis- und Vorstellungsraumes“:

- Die Verwendung orthogonaler Strukturen in virtueller Architektur ermöglicht gegenüber nicht orthogonalen Strukturen eine genauere Positionsbestimmung des Nutzers im Raum.
- Die Verwendung von nicht orthogonalen Strukturen in virtuellen Architekturen ruft ein Unbehagen in Form eines Schwindelgefühls beim Nutzer hervor.²²³

5.3.2 Methode

5.3.2.1 Teilnehmer

An dem Experiment nahmen 37 Studierende und Mitarbeiter der Bauhaus-Universität Weimar teil. Das Alter der 14 weiblichen und 23 männlichen Teilnehmer lag zwischen 19 und 37 Jahren mit einem Mittelwert von 24 Jahren. Die Teilnehmer wurden sowohl über Mitarbeiter des Institutes Informatik in der Architektur der Bauhaus-Universität Weimar sowie einen Aufruf im Internet auf der Homepage des Institutes geworben. Dieser lud zu Versuchen in virtuellen Architekturen ein.

Die Versuchspersonen wurden nicht für die Teilnahme bezahlt. Sie erhielten lediglich eine kleine Aufmerksamkeit für ihre Mitarbeit. Etwa 70% der Teilnehmer hatten keine oder nur wenig Erfahrung mit Virtual-Reality-Anwendungen. Die restlichen 30% hatte zuvor am Experiment „Privater- und öffentlicher Raum“ teilgenommen und wurden zu gleichen Teilen auf beide Gruppen aufgeteilt.

5.3.2.2 System

Die Untersuchungen fanden ebenfalls im Institut der Professur Informatik in der Architektur der Bauhaus-Universität Weimar statt (s. Kap. 5.2.2.2).

5.3.2.3 Design

Als Versuchsumgebungen wurden vom Verfasser dieser Arbeit zwei virtuelle Umgebungen modelliert. Beide Umgebungen bestanden aus einer kreisförmigen Bodenplatte, die von einer vier Meter hohen Wand umschlossen war (s. Abb. 48).

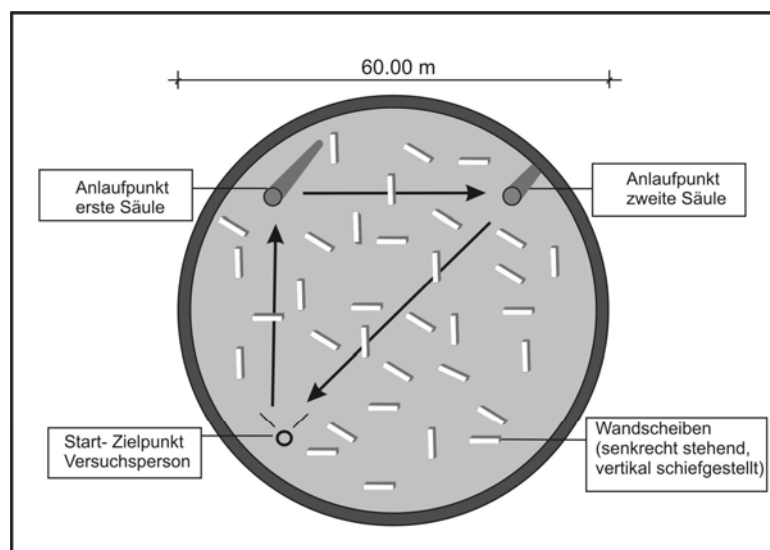


Abb. 48: Schematischer Grundriß der virtuellen Umgebung

Die kreisförmige Arena hatte einen Durchmesser von 60 Metern. Innerhalb der Arena befanden sich zwei farbige Säulen mit einer Höhe von ca. 20 Metern, die zusammen mit dem Startpunkt das von der Versuchsperson zu navigierende Dreieck definierten. Der erste Schenkel des Dreiecks wurde durch den Ausgangspunkt und die grüne Säule definiert, der zweite Schenkel durch die Strecke zwischen dem grünen und blauen Zylinder. Der dritte Schenkel durch die Strecke zwischen blauem Zylinder und Ausgangspunkt. Auf der gesamten Fläche der Bodenplatte waren nach einem Zufallsprinzip Wandscheiben mit einer Breite von fünf Metern und einer Höhe von drei Metern so angeordnet, daß dadurch keine verlässlichen Orientierungspunkte angeboten wurden. Aus dem gleichen Grund wurde eine kreisförmige Bodenplatte mit Umschließungswand gewählt, um eine verlässliche Orientierung an der seitlichen Begrenzung auszuschließen. Die Säulen ragten mit einer Höhe von zwanzig Metern über die Wandscheiben heraus und waren von jeder Stelle innerhalb der Arena zu sehen (s. Abb. 49 und 50).

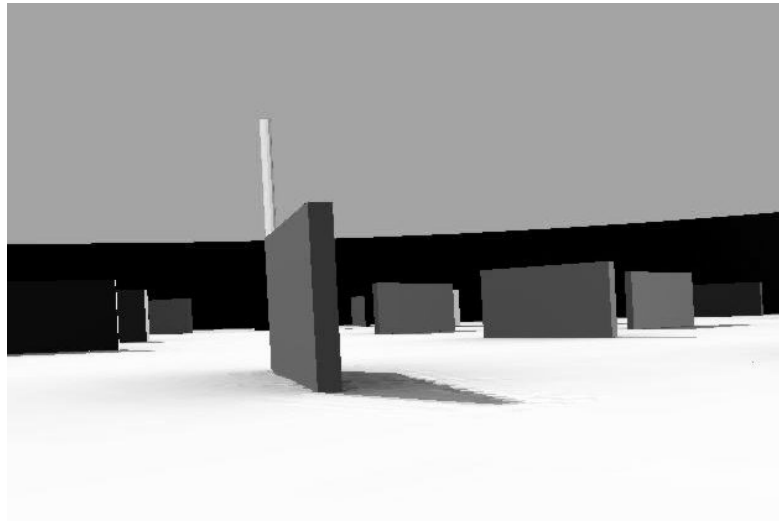


Abb.49: Blick aus Sicht des Nutzers in die virtuelle Umgebung mit orthogonalen Strukturen

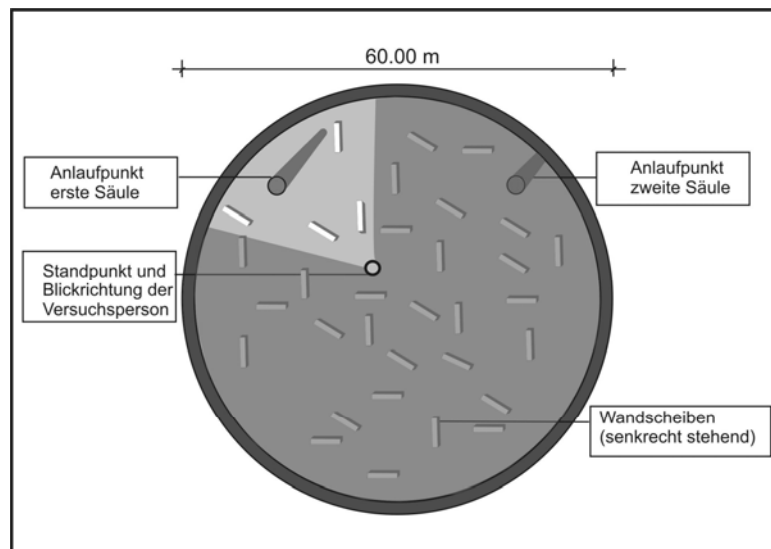


Abb. 50: Standpunkt und Blickrichtung der Versuchsperson im Grundriß zur Abbildung 49

Ausgangspunkt für die zweite Versuchsumgebung bildete die vorhandene virtuelle Architektur, die in einem Merkmal variiert wurde. Befanden sich in der ersten Umgebung alle Wände noch in einem rechten Winkel zur Bodenplatte, wurden sie in dieser Umgebung so gekippt, daß sich keine Wand in einem rechten Winkel zum Boden befand (s. Abb. 51 und 52). Die Anzahl und Position der Wandscheiben waren für beide Versuchsumgebungen identisch.

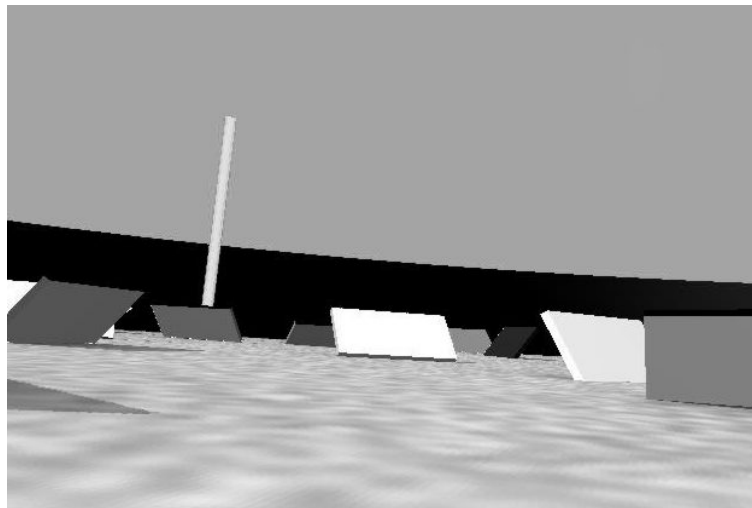


Abb. 51: Blick aus Sicht des Nutzers in die virtuelle Umgebung mit nicht orthogonalen Strukturen

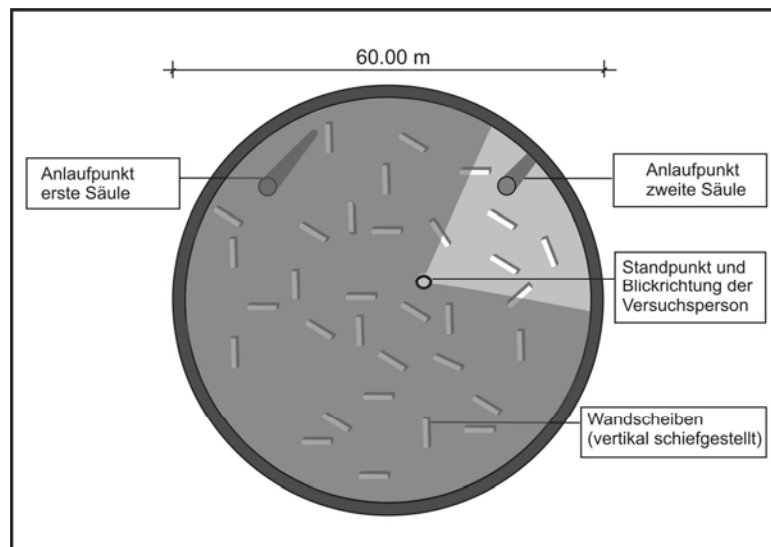


Abb. 52: Standpunkt und Blickrichtung der Versuchsperson im Grundriß zur Abbildung 51

Als Grundlage für die empirische Auswertung wurde vom Verfasser dieser Arbeit ein Fragebogen entwickelt, der den Grad der Orientierung in der virtuellen Umgebung quantifiziert. Dieser bestand aus 33 Fragen und war in drei Hauptbereiche gegliedert. Im ersten Teil wurden zunächst Angaben zur Person und ihrer Verfassung abgefragt. Daran schlossen sich allgemeine Fragen zum Umgang mit VR- und Computersystemen an. Der dritte Teil bezog sich auf die für die Versuchsperson gestellte Aufgabe in der virtuellen Umgebung. Mit ihm wurde die subjektiv empfundene Orientierungsfähigkeit der Versuchspersonen ermittelt. Dazu wurden sowohl geschlossene Fragen mit Antwortvorgaben als auch bipolare siebenstufige Ratingskalen mit einer neutralen Mitte verwendet.

5.3.2.4 Prozedur

Erläuterung der technischen Einrichtung, Eingewöhnungsphase, randomisierte Bedingungen und Aushändigung des Fragebogens erfolgte wie beim Experiment „Privater Raum“ (s. Kap. 5.2.2.4 Prozedur).

Nach Abschluß der Eingewöhnungsphase wurde den Versuchspersonen die Aufgabe beschrieben. Zum besseren Verständnis wurde dazu vom Versuchsleiter eine schematische Skizze mit einer Grundrißdarstellung der virtuellen Umgebung gezeigt. An dieser Skizze wurde den Versuchsteilnehmern die Aufgabe der Dreiecksvervollständigung erläutert. Außerdem wurden sie darauf aufmerksam gemacht, daß der Startpunkt nicht auf dem Boden der virtuellen Umgebung markiert sei. Die Aufgabe galt als beendet, wenn die Versuchsperson der Meinung war, den Ausgangspunkt gefunden zu haben.

Während des Versuches wurden die Versuchspersonen nicht gestört und die aufgewendete Zeit zum Erreichen der beiden Säulen sowie die gesamte Verweildauer in der virtuellen Umgebung wurde

vom Versuchsleiter protokolliert. Die Position der Versuchsperson wurde sowohl am Anfang als auch am Ende des Versuches mit Hilfe von Koordinaten durch die Software aufgezeichnet, protokolliert und graphisch ausgewertet (s. Abb. 53). Aus der Differenz der Anfangs- und Endkoordinaten konnte das Maß der Abweichung, der sogenannte Homingfehler, bestimmt werden.

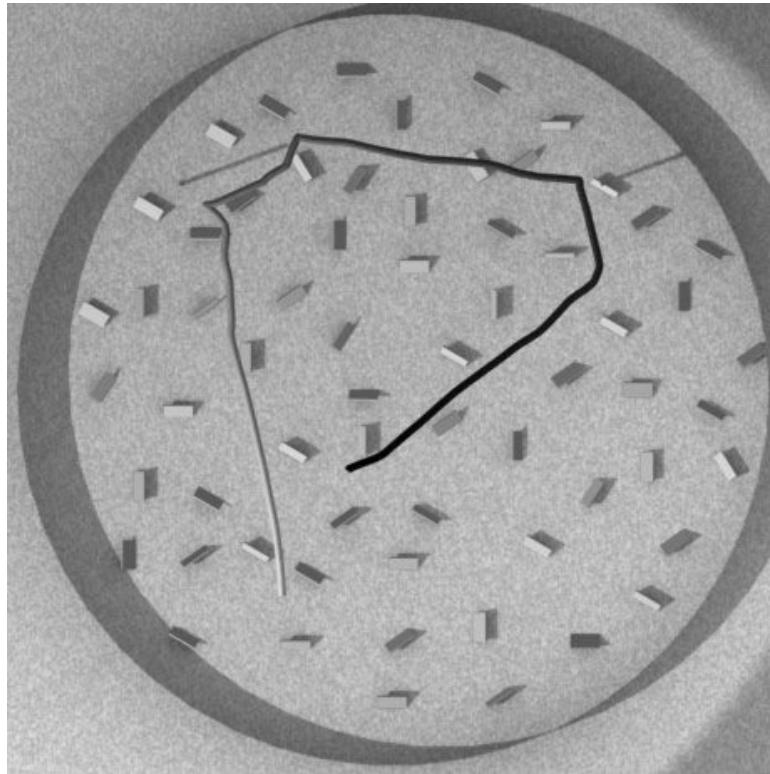


Abb. 53: Graphische Auswertung des zurückgelegten Weges der Versuchsperson

5.3.2.5 Ergebnisse und Diskussion

Zunächst wurde aufgrund der empirischen Befragung die mentale Verfassung der Versuchspersonen mit Hilfe des ersten Fragenkomplexes eruiert. Dabei konnte festgestellt werden, daß sich beide Gruppen in einer positiven Haltung gegenüber dem Experiment befanden und daß keine Gruppenunterschiede festzustellen waren.

Dasselbe Ergebnis ergab sich bei der Überprüfung der vorhandenen Computerkenntnisse. Der Vergleich zwischen beiden Gruppen wies keine signifikanten Unterschiede auf, so daß die Erfahrung mit Computer- und Virtual-Reality-Systemen bei beiden Gruppen im gleichen Umfang vorhanden war. Sechs Teilnehmer hatten zuvor am Experiment des „privaten Raumes“ teilgenommen. Ein Teilnehmer gab an, die im Experiment angewendete oder ähnliche VR-Technik mehrmals im Monat zu benutzen. Die restlichen Teilnehmer hatten keine Erfahrung im Umgang mit VR-Systemen.

Von keinem der 37 Teilnehmer wurde das Experiment vorzeitig abgebrochen und die Aufgabe der „Dreiecksvervollständigung“ wurde von allen Versuchspersonen gelöst, d.h. es wurde zuerst die grüne, danach die blaue Säule angegangen und abschließend versucht, den Startpunkt zu bestimmen.

Mit Hilfe der Software wurde die Position der Versuchspersonen sowohl am Anfang als auch am Ende des Versuches gemessen und aufgezeichnet. Aus den gewonnenen Daten wurde der Mittelwert der Distanzen für jede Gruppe berechnet und zur Überprüfung der statistischen Hypothese das Verfahren des t-Tests angewendet. Der Mittelwert der ersten Gruppe (orthogonale Wände) zeigt mit 15,22 Metern gegenüber der zweiten Gruppe (nicht orthogonale Wände) mit einem Wert von 31.21 Metern einen hoch signifikanten Unterschied ($t=2.80$; $p<0.001$). Abbildung 54 verdeutlicht diesen Zusammenhang in einem Balkendiagramm:

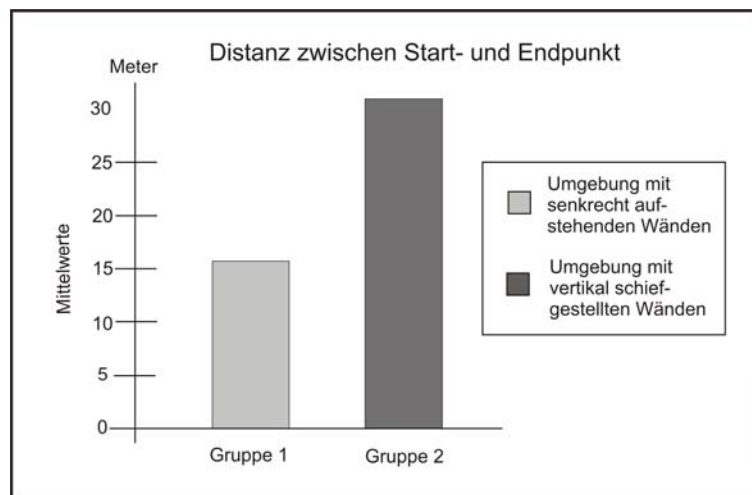


Abb. 54: Mittelwerte der Distanzermittlung

Damit finden sich Hinweise zwischen der Verwendung von orthogonalen Strukturen und der Orientierungsfähigkeit des Nutzers in virtuellen Architekturen.

Die Annahme, daß die Orientierungsfähigkeit in der virtuellen Architektur mit orthogonalen Strukturen auch vom Nutzer als subjektiv besser empfunden wird, konnte nur in der Tendenz bestätigt werden.

Dazu wurden die Fragen, wie leicht den Versuchspersonen die Bestimmung des Startpunktes fiel und ob sie zu jeder Zeit wußten, an welcher Stelle sie sich im Raum befinden, zusammengefaßt und aus ihnen die Mittelwerte gebildet. Zur Überprüfung der statistischen Hypothese wurde der t-Test angewendet. Die erste Gruppe, welche mit den orthogonalen Wänden konfrontiert wurde, antwortete mit einem Mittelwert von 3.63. Von der zweiten Gruppe (nicht orthogonale Wände) wurden diese Fragen mit einem Mittelwert von 2.72 beantwortet. Für das Verfahren des t-Tests ergibt sich ein Wert von 0.069. Dieser Unterschied liegt knapp über der

Orthogonale Strukturen wirken sich auf die Orientierungsfähigkeit des Nutzers aus

Signifikanzgrenze ($t=1,88$; $p<0.069$). Abbildung 55 veranschaulicht das Ergebnis in einem Balkendiagramm:

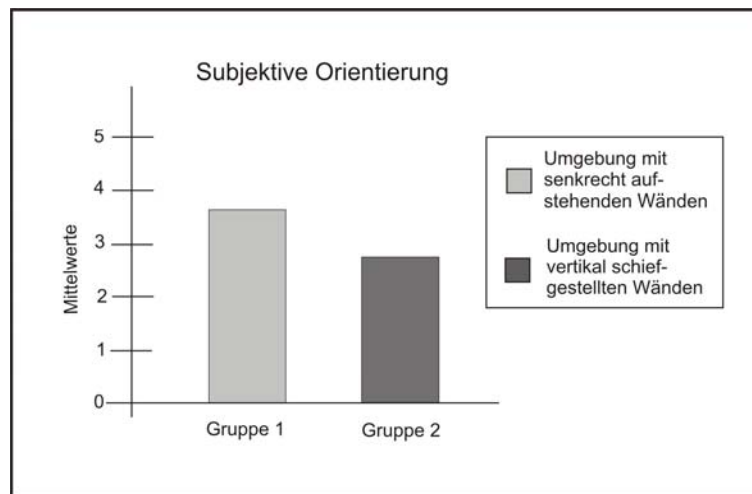


Abb. 55: Mittelwerte der subjektiven Orientierung

Im Gegensatz dazu konnte bei der Frage, wie sicher sich die Versuchspersonen darüber waren, daß ihr Standpunkt mit dem Startpunkt übereinstimmt, kein Unterschied zwischen beiden Gruppen festgestellt werden. Obwohl die objektiv gemessene Distanz ein signifikantes Ergebnis aufzeigt, konnte dieser Sachverhalt nicht von den Versuchspersonen subjektiv reflektiert werden.

Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich beim Fragenkomplex, ob die virtuelle Umgebung in bezug auf die Aufgabe der Dreiecksvervollständigung als unterstützend empfunden wird. Es zeichnet sich zwar eine leichte Tendenz ab, daß die Umgebung mit den orthogonalen Strukturen als hilfreicher bei der Erledigung der Aufgabe gegenüber der nicht orthogonalen Umgebung empfunden wird, ein gesicherter statistischer Zusammenhang konnte jedoch nicht nachgewiesen werden.

Die Bestimmung der benötigten Zeit zur Erledigung der Aufgabe weist keinen Unterschied zwischen beiden Gruppen auf. Die Mittelwerte der ersten Gruppe (orthogonale Wände) differieren mit einem Wert von 4,18 Minuten nur minimal von denen der zweiten Gruppe (nicht orthogonale Wände) mit einem Wert von 4,28 Minuten.

Im letzten Fragenkomplex sollte der Hypothese nachgegangen werden, ob die Verwendung von nicht orthogonalen Strukturen ein Unbehagen in Form eines Schwindelgefühls beim Nutzer auslöst.

Wenn sich ein Mensch in realer Architektur in einer Umgebung aufhält, die ausschließlich nicht orthogonale Strukturen aufweist, richtet er seine optische Orientierung an den Gegenständen der Umgebung aus und ihm wird das Gefühl suggeriert, schief zu stehen, welches häufig zu einer Art Schwindel führt.²²⁴ Diese Hypothese konnte aufgrund der empirischen Untersuchung nicht bestätigt werden. Sowohl in der Gruppe mit orthogonalen als auch mit nicht orthogonalen Strukturen wurden keine vermehrten Anga-

Orthogonale Strukturen verursachen kein Schwindelgefühl

ben zu Schwindelgefühl oder einer empfundenen Schiefelage des Körpers gemacht. Ein Grund für dieses Ergebnis könnte in dem Umstand begründet sein, daß durch die Kopfbewegung der Versuchsperson das Bild auf den Monitoren vor ihren Augen einer ständigen Bewegung ausgesetzt ist und nicht ähnlich konstant wie in der realen Architektur wahrgenommen wird.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß mit dem Experiment die Hypothese bestätigt werden konnte, daß die Verwendung orthogonaler Strukturen in virtueller Architektur einen systematischen Einfluß auf die Orientierungsfähigkeit des Nutzers in Form einer genaueren Positionsbestimmung im Raum ausübt. Das Heimfinden im Dreieck unter den Simulationsbedingungen der virtuellen Realität wird von den im Raum verteilten nicht orthogonalen Strukturen beeinflusst. Die Anwendung der Methode der „Dreiecksvervollständigung“ hat sich zur Untersuchung von räumlichen Orientierungsleistungen in virtuellen Architekturen bewährt.

Verwunderlich am Ergebnis ist die Abweichung zwischen objektiv ermittelter Orientierung in Form der Distanzmessung und die subjektiv empfundene Orientierungsfähigkeit der Versuchspersonen. Vor Beginn des Versuches würde man vermuten, daß, wenn sich die Versuchspersonen in der Umgebung mit orthogonalen Strukturen besser orientieren können, sie diesen Sachverhalt auch subjektiv empfinden. Diese Hypothese konnte aber nur in einer Tendenz bestätigt werden und stand damit im Gegensatz zum signifikanten Ergebnis der Distanzmessung durch den Computer.

Es stellt sich die Frage, worauf das im Experiment ermittelte Defizit zwischen objektiver und subjektiver Orientierung zurückzuführen ist. Die Ursache hierfür ist unklar. Es wird jedoch vermutet, daß sich das vorliegende Experiment auf den optischen Aspekt der Orientierung beschränkt und dieser wahrscheinlich in einem unterbewußten Bereich des Menschen stattfindet, der nicht vollständig subjektiv reflektiert werden kann. Diese Frage berührt das wissenschaftliche Feld der Verhaltensforschung und müßte dort in weiterführenden Versuchen eingehend erforscht werden.

Aus dem Versuch läßt sich für das Element der Wand ableiten, daß sie ihre wichtige optische Orientierungsfunktion in der virtuellen Architektur beibehält. Aufgrund der veränderten Randbedingungen von Schwerkraft und Immaterialität können Wandstellungen in virtueller Architektur realisiert werden, die in realer Architektur nur mit höchstem technischen Aufwand oder gar nicht zu realisieren sind. Damit sich aber ein Nutzer in virtuellen Architekturen orientieren kann, ist bei der Gestaltung der Einsatz orthogonaler Strukturen ein wichtiger Faktor.

Die Wand behält ihre wichtige optische Orientierungsfunktion in virtueller Architektur bei

5.4 Experiment „Aktionsraum“

5.4.1 Untersuchungsgegenstand und Ziel

In der realen Architektur ist die Funktion des Aktionsraumes darin begründet, daß die Bewegung des Menschen mit Hilfe einer seitlichen Begrenzung gesteuert werden kann. Dieser Aspekt der Bewegungslenkung wird bei einer Vielzahl von Computerspielen eingesetzt, bei denen der Anwender eine Spielfigur durch die virtuelle Welt navigieren muß. Dazu wird die Wand in der virtuellen Umgebung so programmiert, daß sie dieselbe materielle Eigenschaft wie ihr reales Pendant aufweist und nicht durchschritten werden kann. Im Fall einer Kollision mit der Wand kann sich der Anwender mit seiner Spielfigur nicht durch diese hindurch, sondern nur an ihr entlang bewegen und wird somit durch die virtuelle Spielwelt geführt.

Die Wand in der virtuellen Architektur besitzt ebenfalls keine materiellen Eigenschaften und kann durchschritten werden, worin auch ihr Potential besteht, da sie beliebig verformbar ist und auf Öffnungen für eine Raumverbindung verzichtet werden kann. Mit dem folgenden Experiment soll untersucht werden, wie die Durchquerbarkeit der Wand in virtueller Architektur belassen und damit ihr Potential genutzt werden kann und ob die Bewegungslenkung des Nutzers durch die Gestaltung der Wandoberflächen zu beeinflussen ist.

Wirkt sich die Gestaltung der Wandoberflächen auf die Bewegungslenkung des Nutzers aus?

5.4.1.2 Hypothese

Folgende Hypothese bildete die Grundlage für das nachfolgend im Detail beschriebene Experiment des „Aktionsraumes“:

Die gerichtete Bewegungslenkung in virtueller Architektur benötigt die Simulation von Materialität in Form einer Oberflächengestaltung.

5.4.2 Methode

5.4.2.1 Teilnehmer

An dem Experiment nahmen insgesamt 32 Personen teil, davon 17 Studierende und acht Mitarbeiter der Bauhaus-Universität Weimar. Die übrigen sieben Versuchspersonen waren Mitarbeiter eines Weimarer Architekturbüros. Das Alter der 14 weiblichen und 18 männlichen Teilnehmer lag zwischen 20 und 53 Jahren mit einem Mittelwert von 27 Jahren. Die Teilnehmer wurden sowohl über Mitarbeiter des Institutes Informatik in der Architektur der Bauhaus-Universität Weimar sowie einen Aufruf im Internet auf der Homepage des Institutes geworben, welcher zur Versuchen in virtuellen Architekturen aufrief.

Die Versuchspersonen wurden nicht für die Teilnahme bezahlt. Sie erhielten lediglich eine kleine Aufmerksamkeit für ihre Mitarbeit.

Etwa 65% der Teilnehmer hatten keine oder nur wenig Erfahrung mit Virtual-Reality-Anwendungen. Die restlichen 35% hatten zuvor an den beiden o.a. Experimenten teilgenommen.

5.4.2.2 System

Die Untersuchungen fanden ebenfalls im Institut der Professur Informatik in der Architektur der Bauhaus-Universität Weimar statt (siehe 5.2.2.2).

5.4.2.3 Design

Für das Experiment wurden vom Verfasser dieser Arbeit zwei virtuelle Umgebungen erstellt, die sich in der Ausgestaltung ihrer Wandoberflächen voneinander unterschieden.

Auf einer quadratischen Grundplatte mit einer Kantenlänge von 100 Metern wurden zwei parallel zueinander verlaufende Wände in einem Abstand von 2,5 Metern so angeordnet, daß sie eine symmetrische Figur beschrieben, die dem abstrahierten Buchstaben „M“ gleicht. Die Figur besaß eine Ausdehnung von 75 x 85 Metern auf der Grundplatte. Innerhalb der Wände, die eine Höhe von vier Metern besaßen, entstand ein Gang, in dem über die gesamte Länge fünf Anlaufpunkte in Form von Säulen mit einer Höhe von einem Meter verteilt waren. Abbildung 56 verdeutlicht die Versuchsumgebung in einer schematischen Grundrißdarstellung.

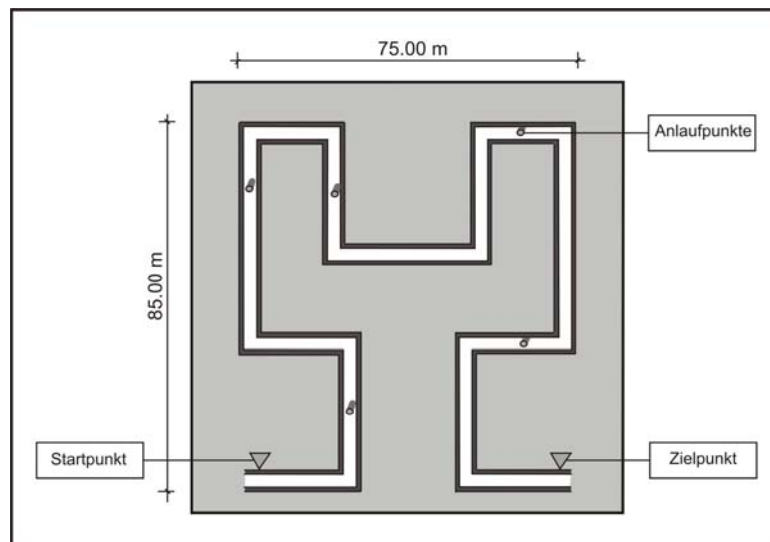


Abb. 56: Schematischer Grundriß der virtuellen Versuchsumgebung

Aus dieser virtuellen Architektur wurden zwei Typen entwickelt, deren einziger Unterschied in der formalen Gestaltung der Wandoberflächen bestand. Die Wände der ersten Umgebung besaßen, wie auch die Bodenplatte, eine gräuliche Färbung. Auf eine Struktur wurde hier bewußt verzichtet (s. Abb. 57 und 58).

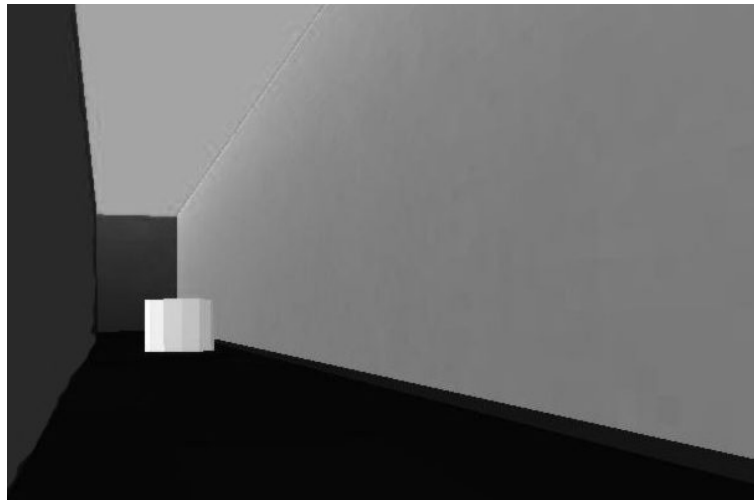


Abb. 57: Blick aus Sicht der Versuchsperson in die virtuelle Umgebung mit den nicht strukturierten Wänden

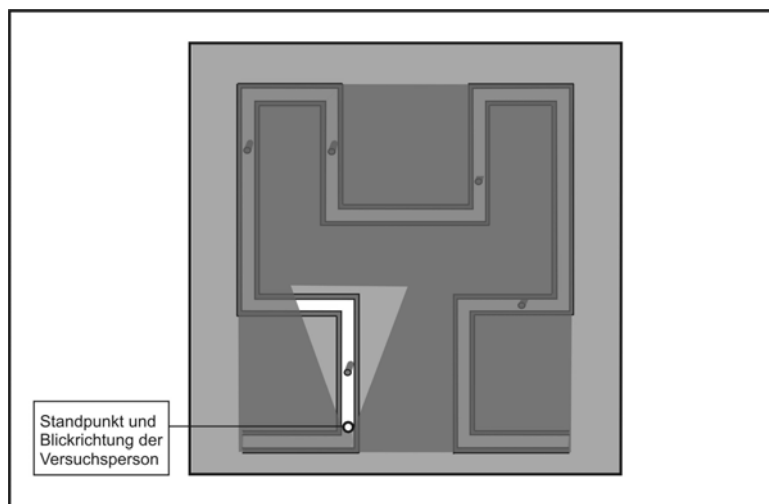


Abb. 58: Standpunkt und Blickrichtung der Versuchsperson im Grundriß zur Abbildung 57

Im Gegensatz dazu erhielt die zweite Umgebung eine mauerwerksähnliche Steinstruktur mit einem bräunlich-roten Farbton. Die Bodenplatte wurden im dunklen Grauton der ersten Umgebung belassen (s. Abb. 59 und 60).

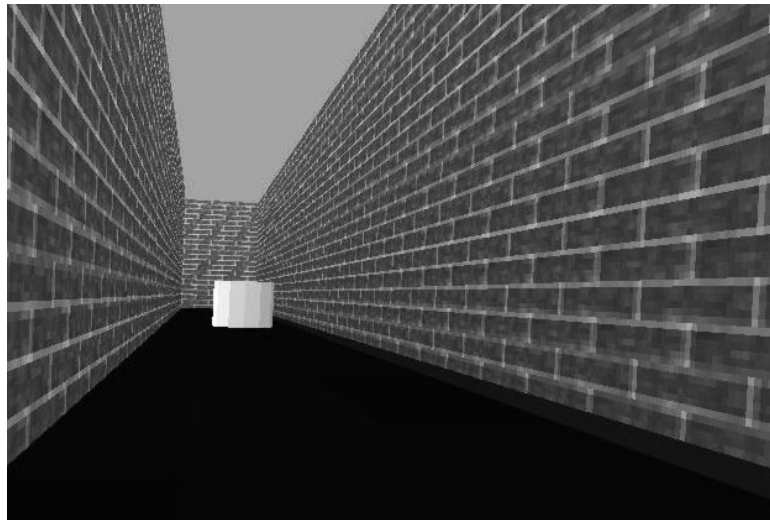


Abb. 59: Blick aus Sicht der Versuchsperson in die virtuelle Umgebung mit strukturierten Wänden

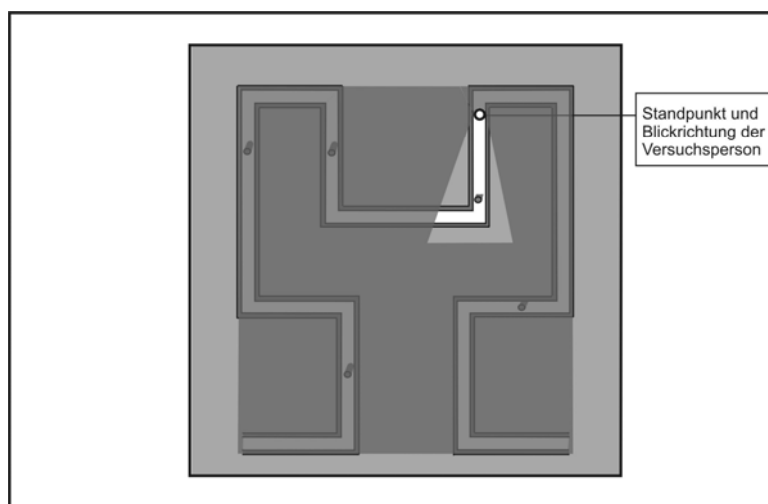


Abb. 60: Standpunkt und Blickrichtung der Versuchsperson im Grundriß zur Abbildung 59

Vom Verfasser dieser Arbeit wurde als Grundlage der empirischen Auswertung ein Fragebogen entwickelt, der den Grad der Bewegungslenkung von Wänden in virtuellen Architekturen ermittelt. Der Fragebogen bestand aus 34 Fragen und war in drei Hauptbereiche gegliedert. Im ersten Teil wurden zunächst Angaben zur Person und ihrer mentalen Verfassung abgefragt. Daran schlossen sich allgemeine Fragen zum Umgang mit VR- und Computersystemen an. Der dritte Teil bezog sich auf die für die Versuchsperson gestellte Aufgabe in der virtuellen Umgebung. Mit ihm wurde der Grad der Bewegungslenkung der Wände in der virtuellen Umgebung bestimmt. Dazu wurden sowohl geschlossene Fragen mit Antwortvorgaben als auch bipolare siebenstufige Ratingskalen mit einer neutralen Mitte verwendet.

5.4.2.4 Prozedur

Erläuterung der technischen Einrichtung, Eingewöhnungsphase, randomisierte Bedingungen und Aushändigung des Fragebogens erfolgte wie beim Experiment „Privater Raum“ (s. Kap. 5.2.2.4 Prozedur).

Nach Abschluß der Eingewöhnungsphase wurde den Versuchspersonen die Aufgabe erläutert. Dazu wurde ein Grundriß der virtuellen Umgebung auf den Bildschirm des Head-Mounted-Display eingeblendet und die Versuchsperson mit der Aufgabe betraut, die fünf Anlaufpunkte in der virtuellen Umgebung aufzusuchen. Es wurde nicht ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der vorgegebene Weg einzuhalten ist. Dabei handelte es sich um eine „Pseudo-Aufgabe“, da die Anzahl der aufgefundenen Säulen für die Auswertung von sekundärer Bedeutung war. Das zentrale Anliegen des Versuches lag in der Beobachtung, ob und wenn, wie häufig die Teilnehmer die virtuellen Wände durchqueren. Die Versuchspersonen wurden nicht darüber informiert, daß sie die Wände durchschreiten können. Die Aufgabe galt als beendet, wenn alle fünf Säulen aufgesucht worden waren.

Während des Versuches wurden die Versuchspersonen nicht gestört und die aufgewendete Zeit zum Auffinden der Säulen sowie die Anzahl der Wanddurchquerungen in der virtuellen Umgebung wurde vom Versuchsleiter protokolliert. Zusätzlich wurde die in der virtuellen Umgebung verweilte Zeit schriftlich festgehalten.

5.4.2.5 Ergebnisse und Diskussion

Zunächst wurde aufgrund der empirischen Befragung die mentale Verfassung der Versuchspersonen mit Hilfe des ersten Fragenkomplexes eruiert. Dabei konnte festgestellt werden, daß sich beide Gruppen in einer positiven Einstellung gegenüber dem Experiment befanden und daß zwischen ihnen keine Unterschiede festzustellen waren.

Dasselbe Ergebnis ergab sich bei der Überprüfung der vorhandenen Computerkenntnisse. Der Vergleich zwischen beiden Gruppen wies keine signifikanten Unterschiede auf, so daß die Erfahrung mit Computer- und Virtual-Reality-Systemen bei beiden Gruppen im gleichen Umfang vorhanden war. Acht Teilnehmer hatten zuvor an den Experimenten des „öffentlichen- und privaten Raumes“ und des „Erlebnis- und Vorstellungsraumes“ teilgenommen. Ein Teilnehmer gab an, die im Experiment angewendete VR-Technik wöchentlich zu benutzen. Die restlichen Teilnehmer hatten noch keine Erfahrung im Umgang mit VR-Systemen gemacht.

Von keinem der 32 Teilnehmer wurde das Experiment vorzeitig abgebrochen. Alle Versuchspersonen haben versucht, die gesamten fünf Anlaufpunkte, die durch Säulen in der virtuellen Umgebung symbolisiert waren, zu finden. Aufgrund von Wanddurchquerungen kam es teilweise zur Orientierungslosigkeit, so daß nicht von jedem Teilnehmer auf dem Weg zum Ausgang alle Anlaufpunkte gefunden wurden. Da es sich bei der Aufgabe der Anlaufpunkte um

eine „Pseudoaufgabe“ handelte, richtete sich das Hauptinteresse auf die Anzahl der Wanddurchquerungen.

Die Hypothese, daß die bewegungssteuernde Funktion der Wand in virtueller Architektur der Simulation einer Materialität bedarf, konnte durch die Messung der aufgewendeten Zeit bestätigt werden. Zur statistischen Überprüfung der Hypothese wurden die Mittelwerte der zur Aufgabe verwendeten Zeiten beider Gruppen gebildet und das Verfahren des t-Tests angewendet. Die Gruppe mit den strukturierten Wänden benötigte im Mittel 3.2 Minuten gegenüber der Gruppe ohne strukturierte Wände mit einem Mittelwert von 4.2 Minuten. Der Unterschied ist signifikant ($t=2.48$; $p<0.02$). Abbildung 61 verdeutlicht diesen Zusammenhang in einem Balkendiagramm.

Die bewegungssteuernde Funktion der Wand bedarf der Simulation von Materialität

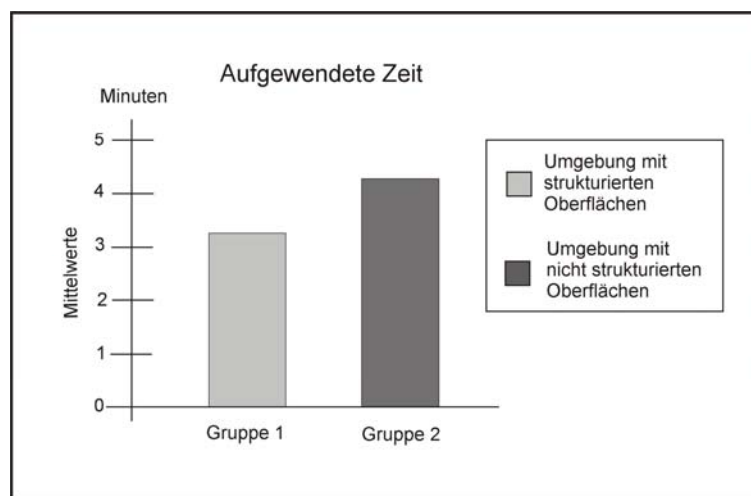


Abb. 61: Mittelwerte der aufgewendeten Zeit

Während des Versuchs wurde die Anzahl der Wanddurchquerungen protokolliert und im Anschluß mit Hilfe des Fragebogens von den Versuchspersonen abgefragt. Dazu wurden vier geschlossene Antwortvorgaben verwendet, die eine Abstufung von einer Bewegung entlang der Wand (Wert eins) ohne Durchquerung bis zu einer ständigen Durchschreitung (Wert vier) enthielten. Zur Überprüfung der statistischen Hypothese wurden die Mittelwerte beider Gruppen ermittelt und auch hier das Verfahren des t-Tests durchgeführt. Für die Umgebung mit strukturierten Wänden wurde ein Wert von 1.8 gegenüber der Umgebung mit nicht strukturierten Wänden mit einem Wert von 2.6 festgestellt, wodurch sich ein signifikanter Unterschied ($t=2.61$; $p<0.01$) ergab. Die Wände mit der Mauerwerksstruktur wurden im Mittel gar nicht oder nur einmal durchschritten. Im Gegensatz dazu sind die Versuchspersonen in der Umgebung der nicht strukturierten Wände im Mittel mehr als einmal oder sogar ständig durch sie hindurchgegangen.

Die Anzahl der Wanddurchquerungen hat einen direkten Einfluß auf die verwendete Zeit. Da sich die Versuchspersonen nach einer Wanddurchquerung außerhalb des Ganges befanden, mußten sie sich zunächst wieder innerhalb des Ganges bewegen und neu

orientieren, was letztlich den Zeitrahmen für das Auffinden der Anlaufpunkte erhöhte.

Die Annahme, daß die Wände der strukturierten Umgebung gegenüber der nicht strukturierten Umgebung als unterstützend bei der Bewegung empfunden werden, konnte bestätigt werden.

Die Umgebung der strukturierten Wände wird mit einem Mittelwert von 5.4 gegenüber der Umgebung mit nicht strukturierten Wänden mit einem Mittelwert von 3.7 als hilfreiche Unterstützung empfunden, welches einen signifikanten Unterschied ($t=4,76$; $p<0.001$) ergibt. In einem Balkendiagramm verdeutlicht Abbildung 62 dieses Ergebnis.

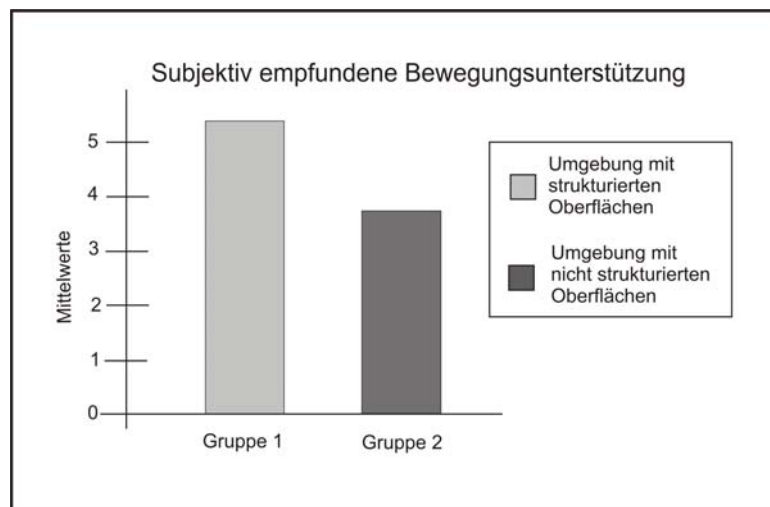


Abb. 62: Mittelwerte der empfundenen Bewegungsunterstützung

Von beiden Versuchsgruppen wurde die Frage nach der Beeinflussung der Laufrichtung durch die Wände mit ungefähr gleichgroßer Zustimmung mit einem Mittelwert von 6.38 der ersten Gruppe (strukturierte Wände) zu einem Mittelwert von 6.13 gegenüber der zweiten Gruppe (nicht strukturierte Wände) beantwortet.

Dieses Ergebnis läßt den Schluß zu, daß die Wand unabhängig von ihrer Oberflächengestaltung zunächst als Grenze der Bewegungsfläche erkannt wird. Was die Form der Bewegungslenkung betrifft, so hat dieses Experiment bestätigt, daß die Art der Oberflächengestaltung einen entscheidenden Einfluß darauf hat, ob ein Nutzer die Wand durchschreitet oder nicht.

Die Bewegungsführung der seitlichen Begrenzung wurde in der virtuellen Umgebung mit strukturierten Wänden als stärker empfunden und umgesetzt. Der Versuch läßt den Schluß zu, daß die materielle Erfahrung, die der Mensch im Umgang mit der realen Architektur gemacht hat, in virtuelle Architektur übertragen wird. Dabei werden visuelle Materialitäten als solche in der virtuellen Architektur interpretiert und akzeptiert.

Als weiteres Ergebnis des Experiments bleibt festzuhalten, daß eine strukturierte Wand den Nutzer virtueller Architekturen nicht vollständig daran hindert, durch diese hindurchzugehen. Soll dieser Umstand generell vermieden werden, muß die virtuelle Wand so

Strukturierte Wände werden gegenüber nicht strukturierten Wänden als unterstützend bei der Bewegungslenkung empfunden

Die Wand wird als Grenze der Bewegungsfläche erkannt

„programmiert“ werden, daß kein Durchschreiten für den Nutzer in irgendeiner Form möglich ist.

6 ERKENNTNIS/BEWERTUNG/DISKUSSION/AUSBLICK

6.1 Einführung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Arbeit zusammengefaßt. Ziel ist es, die Funktion des architektonischen Elementes der Wand in Zusammenhang mit den Raumkategorien zu diskutieren und zu einem Anforderungsprofil für die virtuelle Architektur zu gelangen. Dabei werden die Erkenntnisse der architekturtheoretischen Betrachtung den Resultaten der empirischen Untersuchungen gegenübergestellt. Eine schematische Übersicht der Raumkategorien in virtueller Architektur faßt die Ergebnisse zusammen. Abschließend wird auf die Bedeutung des Nutzers als Gestaltkriterium für die virtuelle Architektur eingegangen.

Die vorliegenden Erkenntnisse sind auf den Einsatz einer VR-Technik zurückzuführen, die sich als Ausgabemedium eines Head-Mount-Displays (HMD) bedient hat (s. Kap. 2.4). Für das Ausgabemedium des Projektionssystems (CAVE) können nur bedingt analoge Schlüsse abgeleitet werden. Da bei diesem System die visuelle Umschließung des Nutzers gegenüber dem Datenhelm auf eine andere Art realisiert wird, muß die Übertragbarkeit der Erkenntnisse für dieses Medium wissenschaftlich überprüft werden. Die Verwendung eines Datenhelmes für die vorliegende Arbeit wurde aus Gründen des verbreiteteren Praxiseinsatzes dieser Technik getätigt (s. Kap. 2.4).

„Wir haben einen Raum innerhalb der Information entdeckt, der frei ist von den Beschränkungen der materiellen Welt und die Erkundung von alternativen Gesetzen fördert. Innerhalb dieses Raumes haben wir auf der Suche nach einer seinem Wesen angemessenen Architektur einen neuen öffentlichen Bereich geschaffen.“²²⁵

Diese Darstellung des virtuellen Raumes von F. Rötzer thematisiert sehr treffend den Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit. Am Element der Wand wurde durch eine architekturtheoretische Auseinandersetzung in Verbindung mit empirischen Experimenten untersucht, inwieweit die „unbegrenzten“ Möglichkeiten, die der virtuelle Raum bietet, für die Gestaltung virtueller Architekturen ausgeschöpft werden können.

Als Ergebnis der vorliegenden Arbeit ist festzuhalten, daß über das Element der Wand und den mit ihr verbundenen architektonischen Raum eine enge Beziehung zwischen realer und virtueller Architektur besteht. Wurden bei der Übertragung der Raumkategorien aus realer in virtuelle Architektur (s. Kap. 4) zunächst einige Kategorien (Raum und Öffnung / Privater und öffentlicher Raum; Erlebnisraum; Aktionsraum) ausgeschlossen, konnte durch die empirischen Untersuchungen belegt werden, daß die Einflußgrößen Materialität und Schwerkraft, die im wesentlichen den formalen Charakter der realen Architektur bestimmen und der virtuellen Architektur ein Höchstmaß an Flexibilität und Dynamik verleihen, für ihre Gestaltung nicht negiert werden können.

Der Wand kommt in der virtuellen Architektur, wie auch ihrem realen Pendant, die besonders wichtige Funktion als raumbildendes-, abgrenzendes-, nutzungsareal-definierendes Element zu. Indem sie aus dem unendlichen Cyberspace einen (Raum-)Teil „ausgrenzt“, entsteht architektonischer Raum, der für den Nutzer erfahrbar wird. Damit nimmt die Kategorie des Anschauungsraumes eine zentrale Position innerhalb des Raumkategoriengefüges in der virtuellen Architektur ein. Ihre Funktion besteht darin, die Außenwelt durch Schaffung einer Innenwelt zu organisieren. Mit Hilfe der Wand wird ein Raum bzw. ein Innenraum hergestellt, der letztlich dem Menschen die Aufnahme, Verarbeitung und Strukturierung von Informationen ermöglicht. Er wird damit in die Lage versetzt, Beziehungen zu Objekten herzustellen und sich im virtuellen Raum zu orientieren.

Untrennbar verbunden mit dem Anschauungsraum sind die Kategorien Form und Raum sowie Körper und Raum. Die Beziehung von Form und Raum ist dadurch gekennzeichnet, daß der Raum ohne seine zugehörige Form nicht wahrnehmbar ist, welches sich sowohl auf die reale als auch auf die virtuelle Architektur übertragen läßt. Ebenso besteht eine enge Bindung der Kategorien Körper und Raum zum Anschauungsraum, da der Baukörper aus deren begrenzenden Flächen zusammengesetzt ist. Die Wand übernimmt die vermittelnde Funktion zwischen Innen- und Außenraum.

Die Wand
übernimmt
die Funkti-
on als
raumbil-
dendes
Element

6.2 Das Potential der Immaterialität

Aufgrund der im virtuellen Raum vorherrschenden Immaterialität werden an das Element der Wand keine statischen Anforderungen gestellt. Im Gegensatz zur realen Architektur müssen die raumbildenden Wände weder Lasten anderer Bauteile abtragen, noch klimatischen Einflüssen standhalten. Resultierend aus der Immaterialität der Elemente des virtuellen architektonischen Raumes wird der Kategorie des Anschauungsraumes und damit verbunden den Kategorien Körper und Raum sowie Form und Raum eine Flexibilität ermöglicht, welche in diesem Umfang in der realen Architektur so nicht möglich ist.

Resultierend aus der Immaterialität erhält der Anschauungsraum eine größtmögliche Flexibilität

Der vom Nutzer wahrgenommene Raum kann sich in der Form verändern, daß seine raumbildenden Wandflächen ihre Oberflächenstruktur und Gestalt nach beliebigen Kriterien variieren und damit neue, bisher physikalisch unmögliche Raumerfahrungen denkbar sind. Der starren, baulich bedingten Konfiguration konventioneller Räume steht in der virtuellen Architektur eine unbegrenzte Möglichkeit des Nutzers mit dem Raum und dessen Begrenzungen gegenüber, indem er sich auf seine Bedürfnisse individuell einstellen kann.

Es entsteht ein elektronischer Kommunikationsraum, dessen Potential darin besteht, daß durch dreidimensionale Strukturen ein direkter Austausch komplexer Informationen möglich ist. Gegenüber rein zweidimensionalen Darstellungen kann ein direkterer Zugriff auf die gespeicherten Informationen erfolgen, was dem Nutzer ein schnelles Navigieren durch komplexe Datenstrukturen ermöglicht. Aufgrund der räumlichen Präsentation der Informationen werden sowohl die kognitive als auch die sequentielle Orientierung des Menschen angesprochen, d.h. der Nutzer hat ein konkretes Bild seiner Umgebung vor Augen und kann seinen Weg mit Hilfe von Fixpunkten wiederfinden.

Ein elektronischer Kommunikationsraum entsteht, der eine Präsentation von komplexen Informationen ermöglicht

Ein weiterer Vorteil der räumlichen Informationsrepräsentation besteht darin, daß sich komplexe Probleme oft nicht mehr durch zweidimensionale Strukturen darstellen lassen.

Der Zugewinn an Variabilität und Flexibilität des Raumes beschränkt den virtuellen Raum, im Gegensatz zu seinem realen Pendant, auf den Innenraum. In der gebauten Umwelt kommt den drei o.a. Kategorien (Anschauungsraum, Körper und Raum, Form und Raum) eine besondere Bedeutung in der Außenraumwirkung zu, welche durch die Materialität der (Wand-) Elemente begründet sind.

Der Zugewinn an Flexibilität beschränkt den virtuellen Raum auf den Innenraum

Seit den Anfängen der Architektur wird über die Form eine spezifische Auffassung gegenüber der Umgebung und ihrer gesellschaftlichen Verhältnisse ausgedrückt. Untrennbar mit der architektonischen Form ist die Identität des Ortes verbunden, da der Ausdruck einer architektonischen Gestaltungshandlung darin besteht, einen identitätsschaffenden Ort zu konzipieren. Die Form eines Gebäudes in der realen Architektur ist historisch gesehen durch die feste Verbindung von Form und Funktion begründet. Bauwerke unterscheiden sich in ihrer Gestalt durch ihre unterschiedlichen Nutzerzwecke. Für den Menschen, der in der gebauten Umwelt aufwächst, bedeutet Architektur räumliche Information, die auf dem Prinzip von Analogien basiert. Ein bestimmter

Mit der architektonischen Form ist untrennbar die Identität des Ortes verbunden

Gebäudetyp, wie beispielsweise eine Kirche, ist für ihn in der Regel aufgrund seines Erfahrungsschatzes und seiner Konditionierung zu erkennen.

Mit der Immaterialität der Wandelemente und die mit ihr verbundene Flexibilität des Raumes sind direkte Auswirkungen auf den Außenraum verbunden. Der virtuelle Raum ist zu jeder Zeit und an jeder Stelle verfügbar und benötigt keinen spezifischen Ort. Im Gegensatz zur realen Architektur kann der virtuelle „Bauplatz“ von zwei Gebäuden an der gleichen Stelle besetzt werden, welches zu einem Identitätsverlust des Ortes führt und ihn auf den Innenraum beschränkt.

Der virtuelle Raum ist zu jeder Zeit verfügbar und benötigt keinen spezifischen Ort

Die Variabilität der Wandelemente wirkt sich auf die Raumorganisation aus. Was die Raumzuordnungen betrifft, ist der Grundriß der Moderne dadurch gekennzeichnet, daß diese so logisch und effizient wie möglich konzipiert sind. Aus den Anforderungen an Nähe und Erreichbarkeit resultieren die räumlichen Elemente. In der virtuellen Architektur verlieren Distanzen an Bedeutung, da sich ein Raum immer an der Stelle befindet, an der er vom Nutzer benötigt wird. Es ist daher nicht mehr von Bedeutung, daß sich die einzelnen Kommunikationspartner in virtueller Architektur an einem gemeinsamen Ort befinden. Sie müssen sich lediglich zur gleichen Zeit im virtuellen Raum aufhalten.

Ein weiterer Aspekt, der mit der Immaterialität der virtuellen Architektur verbunden ist, bezieht sich auf die Raumwahrnehmung und die mit ihr verbundenen Kategorien, welche sich zunächst vordergründig auf eine visuelle Erscheinung beschränken. Wird der Raum in der realen Architektur durch alle Sinne wahrgenommen, ist vor allem das Ansprechen der haptischen Sinne in virtueller Architektur mit einem sehr hohen Aufwand verbunden. Sollte die Nutzung virtueller Architekturen weiter zunehmen, so daß sich Menschen über einen längeren Zeitraum von mehreren Tagen in der virtuellen Architektur aufhalten, müßte in weiteren Forschungen der Frage nachgegangen werden, ob das Gefühl für körperliche Widerstände bei längerem Aufenthalt privilegiert wird und welche Bedeutung eine umfassende Sinnesreizung für den Nutzer in virtueller Architektur besitzt.

Die Raumwahrnehmung bleibt auf das Visuelle beschränkt

6.3 Die Bedeutung der Materialität

Obwohl der Charakter der virtuellen Architektur und damit ihr Potential durch das Stofflose bestimmt wird, sind bei der Gestaltung materielle Aspekte zu beachten. Als ein wesentliches Ergebnis der vorliegenden Arbeit ist die Übertragung materieller Erfahrungen des Nutzers aus realer in virtuelle Architektur zu bewerten.

Von D. Salzmann²²⁶ werden das (Bau-) Körperliche als Begrenzung, die Öffnung und die bewegungssteuernde Funktion des Raumes als die wichtigsten Elemente des Architekturraumes definiert. Im Rahmen der Untersuchungen dieser Arbeit konnte die Bedeutung der genannten Kategorien für die virtuelle Architektur nachgewiesen werden. In den Experimenten zum privaten und öffentlichen Raum sowie zum Aktionsraum wurde der Zusammenhang zwischen der virtuellen Wand und dem Empfinden von Privatheit sowie der Bewegungslenkung herausgearbeitet.

Das (Bau-) Körperliche, die Öffnung und die bewegungssteuernde Funktion sind wichtige Elemente der virtuellen Architektur

Das virtuelle Wandelement als Teil eines geschlossenen Raumes kann einen Bereich definieren, der mit den Charakter eines Rückzugsbereichs mit Geborgenheitsfunktion besitzt. In der realen Architektur verhindert die Materialität der Wand den Zutritt fremder Personen zum Raum. Ermöglicht die Öffnung in der gebauten Umwelt den Zugang und die Zugangskontrolle zum Raum, kommt ihr in der virtuellen Architektur eine metaphorische Bedeutung in dem Sinne zu, daß der Nutzer die materielle Erfahrung aus der realen Architektur überträgt und davon ausgeht, daß sich ein weiterer Nutzer durch diese Öffnung in den Raum bewegt.

Die hier gewonnen Erkenntnisse können bei der Gestaltung virtueller Architekturen eingesetzt werden, bei denen sich beispielsweise mehrere Nutzer in einem elektronischen Kommunikationsraum aufhalten und für den Einzelnen eine Rückzugsmöglichkeit in Form eines privaten Bereiches benötigt wird. Ein weiteres Anwendungsgebiet wären Räume in virtueller Architektur, in denen vertrauliche Informationen behandelt werden. Als Beispiele können das virtuelle Bankgeschäft oder die graphische Bibliothek personenbezogener Daten einer Firma angeführt werden.

In diesem Zusammenhang könnte im Rahmen weiterer Forschungen der Frage nachgegangen werden, welchen Einfluß das Verschließen der Öffnung auf das Empfinden von Privatheit beim Nutzer ausübt.

Als weiteres Ergebnis kann festgehalten werden, daß für eine Bewegungslenkung des Nutzers in virtueller Architektur nicht auf die Simulation von Materialität verzichtet werden kann. Die empirischen Untersuchungen zum Aktionsraum haben verdeutlicht, daß die virtuelle Wand zunächst als Raumgrenze vom Nutzer wahrgenommen und unterstützend bei der Orientierung fungiert. Wenn es zu einer gerichteten Bewegungslenkung in der virtuellen Architektur kommen soll, hat die Gestaltung der Wandoberfläche einen entscheidenden Einfluß auf die Bewegungslenkung. Die materielle Erfahrung aus der realen Architektur wird auch in diesem Punkt in die virtuelle Architektur übertragen. Vom Nutzer wird mit einer der realen Architektur angenäherten Darstellung eine materielle Oberfläche assoziiert, die ihn an der Durchquerung hindert. Je realistischer die Darstellung der Oberflächenstruktur der realen Architektur angenähert ist, desto verstärkter ist der Eindruck der Materialität beim Nutzer.

Dennoch haben die Untersuchungen auch verdeutlicht, daß die Art der Oberflächengestaltung den Nutzer nicht vollständig darin hindert, durch diese hindurchzugehen. Will man eine absolute Undurchquerbarkeit gewährleisten, muß die Wand in der virtuellen Architektur so gestaltet bzw. programmiert werden, daß sie vom Nutzer nicht durchschritten werden kann. Bei einer Kollision des Nutzers mit der Wand würde dieser zurückweichen und müßte sich an ihr entlang bewegen (s. Kap. 5.4.1)

Beim Experiment des „Aktionsraumes“ (s. Kap. 5.4) wurde der Frage nachgegangen, ob die Durchgängigkeit der Wand in virtueller Architektur belassen werden kann und ob eine Form der Bewegungslenkung mit Hilfe der Oberflächengestaltung möglich ist. Diese Frage konnte für den statischen Raum in virtueller Architektur bejaht werden. Aufgrund der Immaterialität der Wandelemente kann sich jedoch der Raum in seiner formalen Ausgestaltung beliebig verändern. Aus einem schmalen Flurgang kann ein aufge-

Die virtuelle Wand kann einen Rückzugsbereich für den Nutzer schaffen

Je realistischer die Darstellung der Oberflächen der realen Architektur angenähert ist, desto stärker ist der Eindruck von Materialität

weiterer blasenförmiger Raum entstehen. In weiteren Versuchen müßte der Frage nachgegangen werden, inwieweit sich die Oberflächengestaltung auf die Bewegungslenkung im dynamischen Raum auswirkt.

6.4 Die Bedeutung der Vertikalität

Neben Aspekten der Materialität stellt die Simulation der Schwerkraft in Form von orthogonalen Strukturen ein wichtiges Gestaltkriterium für die virtuelle Architektur dar. In der gebauten Umwelt wird über sie eine Verbindung der Elemente zum Baugrund hergestellt. Darüber hinaus fußt auf dem Gesetz der Schwerkraft das architektonische Denken, welches zwei Parameter als dogmatisch impliziert: Einerseits gibt es nur eine zum Erdmittelpunkt gerichtete Erscheinungsform der Schwerkraft und diese führt andererseits dazu, daß Elemente und damit Gebäude aufrecht stehen müssen. Dieses, die reale Architektur beherrschende Prinzip, wird zunächst durch die virtuelle Architektur in Frage gestellt, da der virtuelle Raum nicht an physikalische Gesetze gebunden ist. G. Lynn sieht in der virtuellen Architektur ein Potential, welches die reale Architektur in ihrer formalen Ausgestaltung übertrifft: *„Definition von Leichtigkeit und Schwere ermutigt zu der ziemlich simplizistischen Spekulation, daß materielle Architekturen der Erde bald von den neuen immateriellen technologischen Architekten des Cyberspace in den Schatten gestellt werden.“*²²⁷

Mit dem Experiment zum Erlebnisraum (s. Kap. 5.3) konnte nachgewiesen werden, daß die Simulation der Schwerkraft in einem direkten Zusammenhang mit der Orientierungsfähigkeit des Nutzers in virtueller Architektur steht. Obwohl Konstruktionen im virtuellen Raum möglich sind, die sich in realer Architektur nur mit hohem technischen Aufwand oder gar nicht realisieren lassen, stellen orthogonale Strukturen wichtige Orientierungshilfen für den Nutzer dar. Durch die Anordnung von orthogonalen Strukturen im Experiment des Erlebnisraumes wurde eine konstruktive Ordnung impliziert, die gleichzeitig diesen Aspekt des Gliederungsraumes untersucht und seine Bedeutung für die virtuelle Architektur reflektiert hat.

Der funktionale Aspekt des Gliederungsraumes, der durch die Anordnung von Öffnungen eine raumgliedernde Struktur realisiert, kann im Rahmen weiterer Forschungen untersucht werden. Da sich die virtuelle Architektur auf den Innenraum beschränkt, kommt der Gestaltung und Gliederung des Innenraumes eine besondere Bedeutung zu.

Orthogonale Strukturen stellen eine wichtige Orientierungsfunktion dar

6.5 Übersicht der Raumkategorien in virtueller Architektur

Nach abschließender Betrachtung ergibt sich gegenüber dem Raumschema des vierten Kapitels (s. Kap. 4.2) ein verändertes Bild der Raumkategorien in virtueller Architektur (s. Abb. 63). Wurden zunächst aufgrund von Immaterialität und Schwerelosigkeit die Kategorien Erlebnisraum (Gliederungsraum), Aktionsraum sowie Raum und Öffnung / privater und öffentlicher Raum ausgeschlos-

sen, konnte in der vorliegenden Arbeit deren Bedeutung und Fortbestand in der virtuellen Architektur nachgewiesen werden.

Die Wand übernimmt in virtueller Architektur die wichtige Funktion des raumbildenden Elementes, wodurch der Kategorie des Anschauungsraumes eine zentrale Position zukommt. Mit dem Anschauungsraum sind die Kategorien Körper und Raum sowie Form und Raum verbunden. Der Wahrnehmungsraum bleibt in erster Linie auf das Visuelle begrenzt, wodurch eine Flexibilität und Dynamik des Raumes ermöglicht wird, die aber als instabil angesehen werden muß.

Obwohl die Wände in virtueller Architektur nur eine visuelle Begrenzung für den Nutzer darstellen, können sie (1) im Zusammenhang mit einem geschlossenen Raum das Gefühl von Privatheit vermitteln (Kategorie: privater und öffentlicher Raum) und (2) die Bewegung des Nutzers lenken (Kategorie: Aktionsraum). Dabei verstärkt eine an die reale Architektur angelehnte Darstellung der Wandoberflächen die Bewegungslenkung.

Soll jedoch eine vollständige Undurchquerbarkeit der Wand gewährleistet werden, kann sich diese nicht allein auf die Art der Oberflächengestaltung beschränken. Hierfür muß die Wand so programmiert werden, daß sie eine Kollisionserkennung besitzt und vom Nutzer nicht durchschritten werden kann.

Die Simulation von Schwerkraft in Form orthogonaler Strukturen übt nachweislich einen Einfluß auf die Orientierungsfähigkeit des Nutzers in virtueller Architektur aus (Erlebnis- und Gliederungsraum).

Aus dem Darstellungs- und Umweltfunktionsraum werden nur Teilaspekte übernommen. Deshalb besitzen beide Kategorien in der schematischen Darstellung (s. Abb. 63) eine schattierte Fläche. Der Darstellungsraum in virtueller Architektur simuliert Materialität in visueller Form. Vom Umwelt-Funktionsraum wird die Schwerkraft benötigt, die durch orthogonale Strukturen einen Einfluß auf die Orientierungsfähigkeit des Nutzers ausübt.

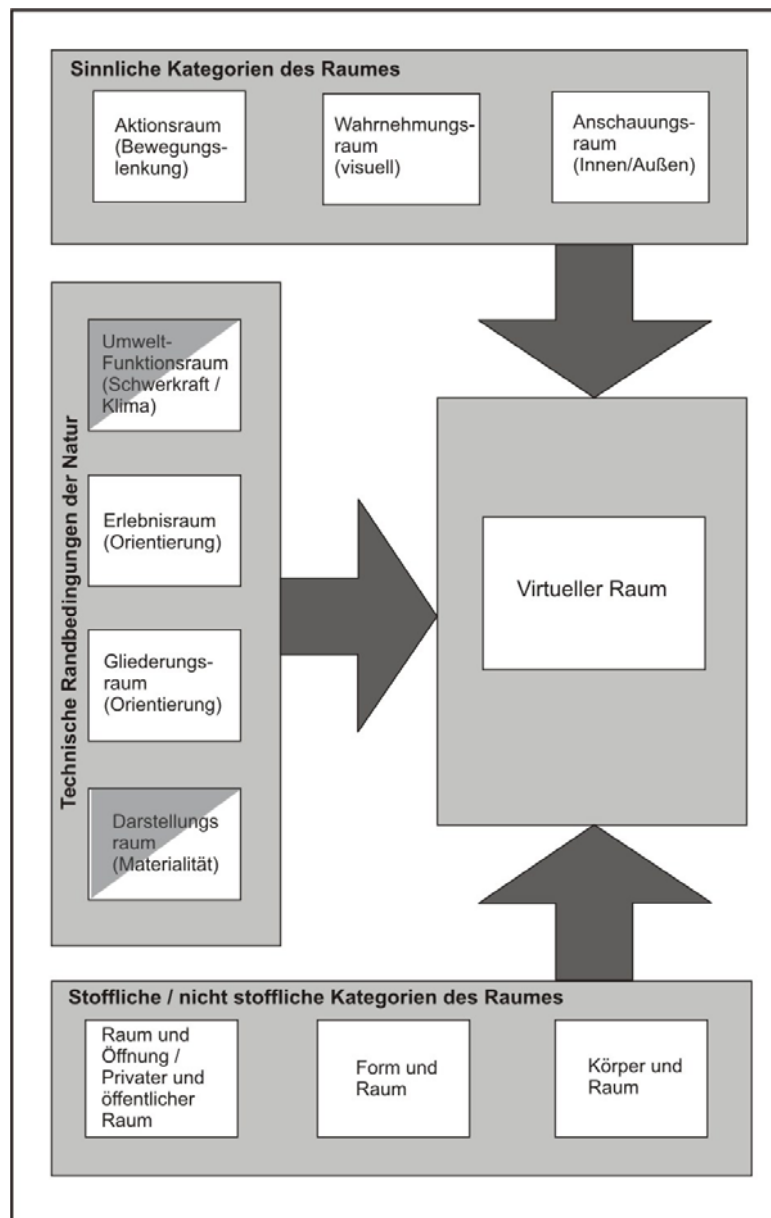


Abb. 63: Die Raumkategorien des architektonischen Raumes in virtueller Architektur nach abschließender Betrachtung

6.6 Der Nutzer als Gestaltkriterium

Für die Gestaltung der virtuellen Architektur ist der Nutzer und seine Interaktivität mit der virtuellen Umgebung als maßgebendes Kriterium zu beachten. Die sensorischen Fähigkeiten und physiologischen sowie psychologischen Konditionierungen des Nutzers bilden den wesentlichen Konzeptionsmaßstab für die virtuelle Architektur. Zwar besteht für den Cyberarchitekten, der virtuelle Umgebungen für einen temporäreren Nutzer gestaltet, keine Notwendigkeit, sich an körperlichen, physikalischen oder materiellen Bedürfnissen zu orientieren. Dennoch muß bei der Konzeption virtueller

Der Mensch ist als maßgebendes Kriterium zu beachten

Architekturen beachtet werden, daß der menschliche Körper ihm als Quelle seiner Erfahrung dient und durch ihn die Sicht der Welt konstituiert wird. Der Nutzer virtueller Architekturen wächst in der gebauten Umwelt auf und im Laufe seiner Entwicklungsgeschichte haben sich die Sinnesorgane soweit optimiert, daß sie ihm eine Orientierung und Bewegung in der dreidimensionalen Welt erlauben. In seiner Entwicklung zum Erwachsenen stellen der architektonische Raum und die Bewegung in ihm eine der ersten Aufgaben dar, die der Mensch zu erlernen hat. Durch ihn werden Beziehungen und Hierarchien hergestellt und im Bewußtsein verankert, die sich in der virtuellen Architektur wiederfinden müssen.

Der menschliche Körper dient als Quelle seiner Erfahrung

Im Gegensatz dazu ist kein menschlicher Sinn für das Empfinden von virtuellen Umgebungen und Telepräsenz konditioniert worden. Deshalb ist die Übernahme realweltlicher Aspekte bzw. Raumkategorien für die Gestaltung virtueller Architekturen von erheblicher Bedeutung.

Für das Empfinden von virtuellen Umgebungen ist kein menschlicher Sinn konditioniert worden

Dazu zählt der Erlebnisraum, der durch orthogonale Strukturen einen Einfluß auf die Orientierungsfähigkeit des Nutzers ausübt ebenso wie die materiellen Aspekte des privaten und öffentlichen Raumes sowie des Aktionsraumes, die das Gefühl von Ungestört-heit vermitteln und eine Bewegungslenkung des Nutzers bewirken.

Obwohl virtuelle Architektur nicht an physische Gesetzmäßigkeiten gebunden ist und eine häufig verwendete Kritik an ihr dahin geht, daß sie eine abstrakte Imaginationsgrenze darstellt, bezeichnet M. Novak die Grenzen als sehr stark für jeden, der schon einmal virtuelle Architektur im Cyberspace entworfen hat.²²⁸

Ein weiterer Gesichtspunkt für die enge Beziehung zwischen dem Menschen und den beiden architektonischen Erscheinungsformen ist in der Tatsache begründet, daß sich der Nutzer im virtuellen Raum aufhält, durch seine physische Existenz zugleich aber in der realen Welt „gefangen“ ist. Er wird damit zu einer Art Pendler zwischen beiden Architekturformen und kann sich nur einen begrenzten Zeitraum in der virtuellen Architektur aufhalten. Die Materialität des Körpers hält ihn in der realen Welt, während er durch entsprechende Schnittstellen der Kommunikations-, Wahrnehmungs-, und Handlungsbereiche nicht mehr an den Raum gebunden ist. Damit ist er in der Lage, seine körperliche Bewegung zu transportieren und andere Nutzer an einem Ort zu treffen, der kein geographischer Ort im eigentlichen Sinne ist.

Durch die Materialität des Körpers ist der Nutzer in der realen Welt verankert

Bei der Gestaltung der virtuellen Architektur muß nach einer sinnvollen Synthese zwischen den Möglichkeiten des virtuellen Raumes und der Konditionierungsgrenze des Menschen gesucht werden. Die Qualität der virtuellen Architektur, Informationen in einer frei veränderlichen Umgebung räumlich zu visualisieren, muß so weit ausgenutzt werden, wie es die Benutzbarkeit des Raumes und die Orientierungsfähigkeit des Nutzers zulassen. Der architektonische Raum der virtuellen Architektur ist ein Konstrukt aus Variablen, das der Konstanten (Raumkategorien) der realen Architektur bedarf.

Bei der Gestaltung muß nach einer sinnvollen Synthese gesucht werden

Es wird sich mit der Verbreitung und dem Ausbau elektronischer Kommunikationsräume und deren verstärkten Nutzung ein neues Raumverständnis herausbilden, daß im Laufe seiner Entwicklung

keiner real-architektonischen Konventionen mehr bedarf. Der Weg dorthin kann aber nur über die reale Architektur führen.

Entwick-
lung eines
neuen
Raumver-
ständnis-
ses

ANHANG A LITERATURVERZEICHNIS

- ABEL**, Adolf (1952): *Vom Wesen des Raumes in der Baukunst*, München, 1952
- AHRENS**, Daniela (2001): *Grenzen der Enträumlichung*, Opladen, 2001
- ALEXANDER**, Christopher (1971): *Gemeinschaft und Privatbereich im neuen Bauen*, Mainz, 1971
- ANDERS**, Peter (1999): *Envisioning Cyberspace*, New York, 1999
- ANDERS**, Peter (1999): *Being there, Notations of a cyber architecture*, <http://www.heise.de/tp/deutsch/special/arch/6070/1.html> (Stand 27.10.1999)
- ARNHEIM**, Rudolf (1980): *Die Dynamik der architektonischen Form*, Köln, 1980
- ARTHUR**, Paul; **PASSINI**, Romedi (1992): *Wayfinding, people, signs and Architecture*, Kanada, 1992
- ASCOTT**, Roy (1999): *Der Geist des Museums – Bauen in Netzen*, <http://www.heise.de/tp/deutsch/special/arch/6077/1.html> (Stand 28.10.1999)
- AUKSTALKINS**, Steve; **BLATNER**, David (1994): *Cyberspace: Die Entdeckung künstlicher Welten*, Köln 1994
- BAIER**, Franz Xaver (1996): *Der Raum*, Köln, 1996
- BAUMANN**, Karola; **SPITZER**, Klaus; **SALZMANN**, Iris (1979): *Tasten, Wahrnehmen, Erkennen. Theorie und ästhetische Praxis zu 6 Unterrichtsbeispielen im haptisch-visuellen Bereich*, Ravensburg, 1979
- BAUMGART**, Fritz (1972): *DuMont's Kleine Kunstgeschichte*, Köln, 1972
- BECK**, Johannes; **BOEHNKE**, Heiner; **MÜLLER**, Wolfgang; **VINNAI**, Gerhard (Hrsg./1993): *Maschinen-Menschen, Mensch-Maschinen*, Hamburg, 1993
- BECKMANN**, John (1998): *The virtual dimension*, New York, 1998
- BELL**, Jonathon (2002): *Architecture of the virtual community*, http://cebe.cf.ac.uk/dissertations/virtual_architecture.html (Stand 08.03.2002)
- BEMBE**, Carl August (1953): *Von der Linie zum Raum. Gedanken zur heutigen Architektur*, München, 1953
- BENSE**, Max (1969): *Einführung in die informationstheoretische Ästhetik*, Hamburg, 1969
- BERKEL**, Ben van (1996): *Real Space in QuickTimes*, in: Arch+ 131, Aachen, 1996, S. 42-47
- BERLAGE**, H.P. (1905): *Gedanken über Stil in der Baukunst*, Leipzig, 1905
- BERNDT**, Heide (Hrsg./1977): *Das Prinzip Reihung in der Architektur*, Regensburg, 1977

- BERTOL**, Daniela (1997): *Designing digital space - an architect's guide to virtual reality*, New York, 1997
- BICKMANN**, Leonard; ROG, J. Debra (2000): *Handbook of applied social research methods*, London, 2000
- BÖHM**, Florian (1999): *Neue Dimensionen für die Architektur?*, in: Arch+ 148, Aachen, 1999, S. 103-105
- BOLLNOW**, Otto Friedrich (1963): *Mensch und Raum*, Stuttgart, 1963
- BORTZ**, Jürgen (1999): *Statistik für Sozialwissenschaftler*, Heidelberg, 1999
- BORTZ**, Jürgen, DÖRING, Nicola (1995): *Forschungsmethoden und Evaluationen für Sozialwissenschaftler*, Heidelberg, 1995
- BOUDON**, Philippe (1991): *Der architektonische Raum - Über das Verhältnis von Bauen und Erkennen*, Berlin, 1991
- BRAKEL**, Franz Schneider (Hrsg./1998): *Das virtuelle Haus*, Köln, 1998
- BRAND**, Steward (1990): *Media Lab*, Hamburg 1990
- BRAUN**, Walter (1996): *Philosophie des Raumes*, Cuxhaven, 1996
- BRAWNE**, Michael (1996): *The architecture of information*, London, 1996
- BUCHHEIM**, Thomas (1999): *Aristotels*, Freiburg, 1999
- BUCHERT**, Margitta (1997): *Über Architektur*, (Habilitation) Hannover, 1997
- BURCKHARDT**, Martin (1994): *Metamorphosen von Raum und Zeit*, Frankfurt, 1994
- BUSCH**, Wilfried H. (1997): *Internet für Architekten*, Frankfurt, 1997
- CHING**, Francis D. K. (1986): *Die Kunst der Architekturgestaltung als Zusammenklang von Form, Raum und Ordnung*, Wiesbaden, 1986
- CONRAD-MARTIUS**, Hedwig (1958): *Der Raum*, München, 1958
- CONRADS**, Ulrich (1987): *Das klassische in der Architektur. Die Poetik der Ordnung*, Braunschweig, 1987
- CONRADS**, Ulrich (Hrsg./1975): *Architekturpsychologie - Theorien, Laboruntersuchungen, Feldarbeit*, Düsseldorf, 1975
- DAU**, Fan (1997): *Lebendige virtuelle Welten*, Berlin, 1997
- DANIELS**, Klaus (1998): *Low-Tech Light-Tech High-Tech. Bauen in der Informationsgesellschaft*, Basel, 1998
- DANNER**, Dietmar (1992): *Spiegelung der Postmoderne - Eine Untersuchung über das Verhältnis von Medien und Architektur*, Stuttgart, 1992
- DELFANTE**, Charles (1999): *Architekturgeschichte der Stadt: von Babylon bis Brasília*, Darmstadt, 1999
- DONATH**, Dirk (1988): *Untersuchungen zur anwenderspezifischen Kommunikation und Modellierung im computergestützten Entwurf*, (Diss.) Weimar, 1988

- DONATH**, Dirk & **REGENBRECHT**, Holger (1994): *VRAD-Virtual Reality Aided Design*, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der HAB Weimar Universität Jahrgang 40 (1994), Heft 4, Weimar
- DONATH**, Dirk & **REGENBRECHT**, Holger (1996): *Using virtual Reality Aided Design techniques for threedimensional architectural sketching*, ACADIA 1996, Tuscon/Arizona, Amerika
- DYSON**, Esther (1997): *Release 2.0 – Die Internetgesellschaft*, München, 1997
- EBE**, Gustav (1900): *Architektonische Raumlehre, Band 1, Dresden, 1900*
- ECKSTEIN**, Jens (1999): *Echtzeitfähige Kollisionserkennung für Virtual Reality Anwendungen*, (Diss.) München, 1999
- EHLERS**, Walter; **FELDHISEN**, Gernot; **STECKEWEH**, Carl (Hrsg./1986): *CAD: Architektur automatisch?*, Braunschweig, 1986
- EISENMANN**, Peter (1999): *Diagram diaries*, London, 1999
- ENGELI**, Maia (2000): *Digital Stories*, Basel, 2000
- ENGELI**, Maia (2000): *Bits and spaces – Architecture and Computing für Physical, Virtual, Hybrid Realms 33 Projects by Architecture and CAAD*, ETH Zurich, Basel, 2001
- ENGELI**, Maia (2002): *Game in progress. Virtuelle Räume und Gemeinschaften am Beispiel von Ego-Shooter-Games*, in: Archithese 04.02, Sulgen (Schweiz), 2002, S. 24-28
- EVANSON**, Norma (1983): *Le modular and other buildings and projects*, Frankreich, 1983
- FASSLER**, Manfred; **HALBACH**, Wulf R. (Hrsg./1994): *Cyberspace - Gemeinschaften, Virtuelle Kolonien, Öffentlichkeiten*, München, 1994
- FEINER**, S.; **WEBSTER**, A. C.; **KRÜGER**, T. E. (1995), *Architectural Anatomy*, in: Presence: Teleoperators and Virtual Environments 4(3), 1995, S. 318-325
- FEIREISS**, Kristin (1994): *Ben van Berkel. Mobile Kräfte*, Berlin, 1994
- FELDKELLER**, Christoph (1989): *Der architektonische Raum: eine Fiktion. Annäherung an eine funktionale Betrachtung*, Braunschweig, 1989
- FILCHY**, Patrice (1994): *TELE-Geschichte der modernen Kommunikation*, Frankfurt, 1994
- FITGER**, Cornelia (1974): *Zur Wirkung der Schwerkraft auf die taktil-kinaesthetische Raumorientierung des Menschen*, (Diss.) München, 1974
- FLEMMING**, Ulrich (Hrsg./1993): *CAAD Futures 1993*, Niederlande, 1993
- FRIEBE**, Johannes (1995): *Quantitative Untersuchung der menschlichen Raumwahrnehmung mit den Methoden der Computergraphik*, Münster, 1995
- FOCILON**, Henri (1959): *Das Leben der Formen*, München, 1959
- GALLI**, Mirko (2000): *Virtual Terragni*, Basel, 2000
- GALOFARO**, Luca (1999): *Digital Eisenman*, Basel, 1999

- GATES**, Bill (1995): *Der Weg nach vorn*, Hamburg, 1995
- GERBEL**, Karl und **WEIBEL**, Peter (Hrsg.) (1994): *Intelligente Ambiente*, Wien, 1994
- GIEDEON**, Siegfried (1976): *Raum, Zeit, Architektur. Die Entstehung einer neuen Tradition*, München, 1976
- GIRSBERGER**, Hans (1981): *Im Umgang mit Le Corbusier*, München, 1981
- GLEINIGER**, Andrea (2002): *Mediale Konzepte – digitale Experimentier-räume*, in: Archithese 04.02, Sulgen (Schweiz), 2002, S. 32-37
- GÖLZ**, Walter (1970): *Dasein und Raum. Philosophische Untersuchungen zum Verhältnis von Raumerlebnis, Raumtheorie und gelebtem Dasein*, Tübingen, 1970
- GOLDMAN**, Glen (1991): *Reality and Virtual Reality*, New Jersey, 1991
- GOOD**, M. und **TAN**, L. (1994): *VR in Architecture: Today's Use and Tomorrow's Promise*, in: Virtual Reality, 2(6), 1994, S. 58-64
- GOSZTONYI**, Alexander (1976): *Der Raum*, München, 1976
- GRAFLAND**, Arie (1996): *Architectural bodies*, Rotterdam, 1996
- GRÄF**, Lorenz (Hrsg./1997): *Soziologie des Internet*, Frankfurt, 1997
- GROSZ**, Elizabeth (Hrsg./2001): *Architecture from the outside*, Massachusetts (MIT), 2001
- GRÜTTER**, Jörg Kurt (1987): *Ästhetik der Architektur. Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung*, Stuttgart, 1987
- GSÖLLPOINTER**, Katharina (1999): *Architektur und Elektronik*
<http://www.aec.at/fest/fest94/gsoel.html> (Stand 16.10.1999)
- GÜNTHER**, Norbert (1969): *Die visuelle Raumwahrnehmung*, Stuttgart, 1969
- HAEFNER**, Ulrich; **RÖSSLER**, Andreas (1998): *Interaktive Evolutionsstrategien als Werkzeug für Virtual Reality am Beispiel der Optimierung von Büroeinrichtungen*, (Forschungsbericht) Stuttgart, 1998
- HAGEL**, Arnold (1979): *Der Architekturbegriff im Bewußtsein des bauenden Architekten*, Aachen, 1979
- HAGER**, Willi und **SPIES**, Kordelia (1991): *Versuchsdurchführung und Versuchsbericht*, Göttingen, 1991
- HALL**, Edward (1976): *Die Sprache des Raumes*, Düsseldorf, 1976
- HENNIG**, Alexander (1997): *Die andere Wirklichkeit*, Bonn, 1997
- HEUSER**, Uwe Jean (1996): *Die fragmentarische Gesellschaft*, in: Zeitpunkte, Hamburg, 1996
- HILLIS**, Ken (1999): *Digital Sensations. Space, identity, and embodiment*, in: Virtual Reality, Minneapolis, 1999
- HILPERT**, Thilo (1987): *Le Corbusier 1887-1987 - Atelier der Ideen*, Hamburg, 1987

- HOLLING**, Eggert und **KEMPIN**, Peter (1983): *Identität, Geist und Maschine*, Hamburg, 1983
- HÜBER**, Oswald (1987): *Das psychologische Experiment: Eine Einführung*, Bern, 1987
- HÜLSMANN**, Torsten (2000): *Geographien des Cyberspace*, Oldenburg, 2000
- IBELINGS**, Hans (1995): *Niederländische Architektur des 20. Jahrhunderts*, München, 1995
- IGLHAUT**, Stefan; **MEDOSCH** Armin; **RÖTZER**, Florian (Hrsg./1996): *Ansichten von Telepolis - Stadt am Netz*, Berlin, 1996
- ITO**, Toyo (1995): *Toyo Ito*, London, 1995
- ITO**, Toyo (1999): *Mediathek in Sendai*, in: Arch+ 148, Aachen, 1999, S. 36-37
- ITO**, Toyo (1993): *Der Vorhang des 21. Jahrhunderts*, in: Arch+119, Aachen, 1993, S. 32-35
- JABUSCH**, Dirk (1997): *Das digitale Bild der Stadt*, (Diss.) Göttingen, 1997
- JAKOB**, Patrick; **DONATH**, Dirk (2003): *The relevance of classical elements in virtual architecture – examined by the example of the wall*, in: Leeuwen, Jos van (Hrsg): Design & Decision Support Systems Workshop 2003, Eindhoven, Niederlande
- JAKOB**, Patrick (2004): *The relevance of vertical structures in virtual architecture*, 7th Tübingen Perception Conference, Tübingen, 2004, S. 152
- JAKOB**, Patrick (2004): *Wenn die Wände bröckeln – Möglichkeiten des virtuellen Raums*, in CADforum 1/04, Basel, Schweiz, 2004, S. 40-43
- JAKOB**, Patrick (2005): *The feeling of privacy in virtual architecture*, 8th Tübingen Perception Conference, Tübingen, 2005, S. 117
- JAMMER**, Max (1960): *Das Problem des Raumes*, Darmstadt, 1960
- JANELLE**, Donald G. (Hrsg./2000): *Information, Place, and Cyberspace, Issues in Accessibility*, Heidelberg, 2000
- JANICH**, Peter (1996): *Was heißt und woher wissen wir, daß unser Erfahrungsraum dreidimensional ist?*, Stuttgart, 1996
- JOEDICKE**, Jürgen (1985): *Raum und Form in der Architektur. Über den behutsamen Umgang mit der Vergangenheit*, Stuttgart, 1985
- JOEDICKE**, Jürgen (1993): *Entwerfen und Gestalten*, Stuttgart, 1993
- JOEDICKE**, Jürgen (1976): *Angewandte Entwurfsmethodik für Architekten*, Stuttgart, 1976
- JUNGE**, Richard (Hrsg./1997): *CAAD Futures 1997*, Niederlande, 1997
- KALAWAKY**, R. S. (1993): *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*, 1993
- KAHN**, Louis I. (1975) *I love beginnings*, Tokyo, 1975

- KASPER**, Uwe (1984): *Schwerkraft. Rätsel des Gewohnten*, Berlin, 1984
- KERSCHER**, Gottfried (2000): *Kopfräume - Eine kleine Zeitreise durch virtuelle Räume*, Kiel 2000
- KIEFERLE**, Joachim (1999): *Architektur im Cyberspace*, in: Leonardo on-line 6/99, Augsburg, 1999, S. 52-56
- KIRBEY**, Per (1993): *Handbuch. Texte zu Architektur und Kunst*, Berlin, 1993
- KLOTZ**, Heinrich (1990): *Zentrum für Kunst und Medientechnologie in Karlsruhe*, Stuttgart, 1990
- KNELL**, Heiner (1985): *Vitruvs Architekturtheorie*, Darmstadt, 1985
- KÖHLER**, Bettina (1998): *Architekturgeschichte als Geschichte der Raumwahrnehmung*, in: Daidalos 67, Gütersloh, 1998, S. 36-42
- KOOLHAAS**, Rem (1998): *Die Niederländische Botschaft in Berlin*, Berlin, 1998
- KRAMER**, Stefan (1994): *Virtuelle Räume zur Unterstützung der feature-basierten Produktgestaltung*, (Diss.) München, 1994
- KRAEMER**, Bernd (1983): *Der Raumbegriff in der Architektur. Eine Analyse räumlicher Begriffe und deren Veranschaulichung am Beispiel des Weges und der Schwelle*, (Diss.) Hannover, 1983
- KRAUSE**, Joachim (1999): *Raum aus der Zeit - Architektur in Bewegung*, in: Arch+ 148, Aachen, 1999, S. 22-29
- KRAUSE**, Joachim (1996): *Faltung in der Architektur*, in: Arch+ 131, Aachen, 1996, S. 12-18
- KRIER**, Rob (1983): *Elements of architecture*, London, 1983
- KRIER**, Rob (1989): *Über architektonische Komposition*, Stuttgart, 1989
- KRUEGER**, Myron W. (1983): *Artificial reality*, Massachusetts, 1983
- KRUEGER**, Myron W. (1991): *Artificial reality II*, Massachusetts, 1991
- KRUFT**, Hanno-Walter (1985): *Geschichte der Architekturtheorie*, München, 1985
- KUHNERT**, Nikolaus (1979): *Typus und Typusbegriff im Kontext der rationalen Architektur*, Aachen, 1979
- KÜHN**, Christian (1998): *Stilverzicht - Typologie und CAAD als Werkzeuge einer autonomen Architektur*, Wiesbaden, 1998
- KURZE**, Martin (1999): *Methoden zur computergenerierten Darstellung räumlicher Gegenstände für Bilde auf taktilen Medien*, Düsseldorf, 1999
- LÄMMERZAHL**, Walter (1938): *Die haptische Erfassung der Raumrichtung bei veränderter Körperlage*, (Diss.) Jena, 1938
- LANGENHAGEN**, Johannes (1995): *Virtualität contra Realität*, Berlin, 1995
- LEM**, Stanislaw (1976): *Summa technologiae*, Frankfurt, 1976

- LIECHTI**, Martin (2000): *Erfahrung am eigenen Leibe. Taktik-kinästhetische Sinneserfahrung als Prozeß des Weltbegreifens*, Heidelberg, 2000
- LÖCHER**, Kurt (1986): *Der Traum vom Raum*, Marburg, 1986
- LOEFFLER**, C. E. und Anderson, T (1994): *The Virtual Reality Casebook*, New York, 1994
- LORENZEN**, Kerstin (1978): *Moderne Architektur, Fundamente, Funktionen, Formen*, Hamburg, 1978
- LYNN**, Greg (1994): *Leicht und Schwer*, in: Arch+ 124/125, Aachen, 1994, S. 38-43
- LYNN**, Greg (1993): *Multiplizitäre und inorganische Körper*, in: Arch+ 119, Aachen, 1993, S. 108-115
- LYNN**, Greg (1995): *Das erneuerte Neue der Symmetrie*, in: Arch+ 128, Aachen, 1995, S. 48-54
- LYNN**, Greg (1999): *Animate Form*, New York, 1999
- MANZ**, Rudolf (1994): *Denk-Raum-Architektur*, Stuttgart, 1994
- MARTENS**, Bob (1995): *Räumliche Simulationstechniken in der Architektur-Wege zu einer neuzeitlichen Raumgestaltung*, Frankfurt, 1995
- MAY**, Mark; PERUCH, Patrick; WARTENBERG, Fredrik (1997): *Raumorientierung in virtuellen Umgebungen*, in: KLUWE, R. H. (Hrsg.) (1997) *Strukturen und Prozesse intelligenter Systeme*, Wiesbaden, 1997
- MAY**, Mark; KLATZKY, Roberta L. (2000): *Path integration while ignoring irrelevant movement*, in: Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 2000, Vol. 26, S. 169-186
- MAY**, Mark (2000): *Kognition im Umraum*, Wiesbaden, 2000
- MEIS**, Pierre van (1990): *Elements of architecture*, New York, 1990
- MEISENHEIMER**, Wolfgang (1964): *Der Raum in der Architektur. Strukturen, Gestalten, Begriffe*, (Diss.) Aachen, 1964
- MENGES**, Axel (1999): *Architekten Schweger und Partner - Zentrum für Kunst und Medientechnologie in Stuttgart*, Stuttgart, 1999
- MEURER**, Bernd (Hrsg./1994): *Die Zukunft des Raumes*, Frankfurt, 1994
- MICHEL**, Florence (1999): *Auf dem Weg zum transeuklidischen Raum?*, in: Arch+148, Aachen, 1999, S. 62-63
- MITCHELL**, William J. (2000): *E-topia. Urban life, Jim-but not as we know it*, MIT Press Cambridge, 2000
- MITCHELL**, William J. (1995), *Digital Design Media*, Malcolm ITP, 1995
- MITCHELL**, William J. (1994): *The logic of architecture, design, computation and cognition*, Cambridge, MIT Press, 1994
- MITCHELL**, William J. (1996), *City of bits*, Basel, 1996
- MITCHELL**, William J. (1995): *Recombinant Architecture*, in: Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 4(3), 1995, S. 223-253

- MINE**, M. R.; **WEBER**, H. (1995): *Large Models for Virtual Environments. A Review of Work by the Architectural Walkthrough Projekt and UNC*, in: Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 5(1), 1995, S. 136-145
- MOHOLY-NAGY**, Laszlo (1968): *Von Material zu Architektur*, Mainz, 1968
- MÖLLER**, Christian (1994): *Interaktive Architektur*, Berlin, 1994
- MÖRTNEBÖCK**, Peter (2001): *Die virtuelle Dimension, Architektur, Subjektivität und Cyberspace*, Wien, 2001
- MORGAN**, Conway Lloyd und **ZAMPI**, Giuliano (1995): *Virtual architecture*, London, 1995
- MOORE**, Dinty W. (1996): *Des Kaisers virtuelle Kleider*, Hildesheim, 1996
- MUCK**, Herbert (1986): *Der Raum. Baugefüge, Bild und Lebenswelt*, Wien, 1986
- MÜNCKER**, Stefan (1999): *Virtuelle Räume und reale Erfahrung*, <http://www.heise.de/tp/deutsch/special/sam/6026/1.html> (Stand 16.02.1999)
- MURUGESAN**, San (Hrsg./1999) *Intelligent Agents in Cyberspace: Papers from the 1999 AAAI Spring Symposium*, Kalifornien, 1999
- NEGROPONTE**, N. (1970): *The architectural machine*, MIT, 1970
- NEUMEYER**, Fritz (1986): *Mies van der Rohe - Das kunstlose Wort*, Berlin, 1986
- NEUTRA**, Richard (1977): *Bauen und die Sinneswelt*, Dresden, 1977
- NIMEROFF**, J. S.; **SIMONCELLI**, E. und **DORSEY**, J. (1995): *Rendering Spaces for Architectural Environments*, in: Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 4(3), 1995, S. 286-297
- NOEVER**, Peter (1993): *Architektur am Ende?*, München, 1993
- NORBERG-SCHULZ**, Christian (1980): *Logik der Baukunst*, Braunschweig, 1980
- NOVAK**, Marcos (1997): *Liquid Architectures in Cyberspace*, Massachusetts, 1997
- PAHL**, Jürgen (1999): *Architekturtheorie des 20. Jahrhunderts*, München, 1999
- PASING**, Anton Markus (1998): *Remote controlled architecture*, Wiesbaden, 1998
- PASSINI**, Romedi (1984): *Wayfinding in architecture*, New York, 1984
- PENEDER**, Reinhard (2002): *Virtual Merchandising. Mit Neuro-Marketing ins Herz der Konsumenten*, in AIT 9/2002, S. 34-35
- PEVSNER**, Nikolaus (1998): *Funktion und Form*, Hamburg, 1998
- PFLUGBEIL**, Markus (1995): *CAD - Werkzeug des Architekten*, Wiesbaden, 1995
- PRIGGE**, Walter (1984): *Zeit, Raum und Architektur. Zur Geschichte der Räume*, (Diss.) Frankfurt a. Main, 1984

- QUEAU**, Phillipe (1999): *Die virtuellen Orte: Hybridisierung der virtuellen Räume*, <http://www.heise.de/tp/deutsch/spezial/sam/6021/1.html> (Stand 16.02.1999)
- RAMMERT**, Werner (Hrsg./1990): *Computerwelten - Alltagswelten*, Opladen, 1990
- RASHIS**, Hani; **COUTURE**, Lise Anne (1995): *Asymptote. Architecture at the interval*, New York, 1995
- REICHERT**, Dagmar (Hrsg./1996): *Räumliches Denken*, Zürich, 1996
- REGENBRECHT**, Holger (2000): *Faktoren für Präsenz in virtueller Architektur*, (Diss.) Weimar, 2000
- REMPETERS**, Georg (1994): *Die Technikdroge des 21. Jahrhunderts. Virtuelle Welten im Computer*, Frankfurt, 1994
- RHEINGOLD**, Howard (1991): *Virtual reality*, London, 1991
- RHEINGOLD**, Howard (1992): *Virtuelle Welten. Reisen im Cyberspace*, Hamburg, 1992
- RHEINGOLD**, Howard (2000): *The virtual community*, Cambridge 2000
- RIEWOLDT**, Otto (1997): *Bauten für die Zukunft. Architektur im Informationszeitalter*, Stuttgart, 1997
- RITSERT**, Jürgen; **BECKER**, Egon (1971): *Grundzüge sozialwissenschaftlicher Argumentation*, Opladen, 1971
- RÖTZER**, Florian (Hrsg./1995): *Auf dem Weg zu einer neuen Spielkultur*, München, 1995
- RÖTZER**, Florian (1999): *Megamaschine Wissen*, Frankfurt a. Main, 1999
- RÖTZER**, Florian (1999): *Das Verschwinden der realen Architektur*, <http://www.heise.de/tp/deutsch/spezial/sam/6004/7.html> (Stand 16.10.1999)
- RÖTZER**, Florian (1999): *Transarchitecture*, <http://www.heise.de/tp/deutsch/spezial/arch/6068/6.html> (Stand 28.08.1999)
- RÖTZER**, Florian (Hrsg./2003): *Virtuelle Welten – reale Gewalt*, Hannover, 2003
- ROTHER**, Wolfgang (1985): *Architekturgrundlehre für bildende Künstler. Eine architekturtheoretische Untersuchung unter besonderer Beachtung der Form baulicher Umwelt*, (Diss.) Dresden, 1985
- ROST**, Martin (Hrsg./1996): *Die Netz Revolution - Auf dem Weg in die Weltgesellschaft*, Eichborn, 1996
- RUBY**, Andreas (1999): *Bewegung im Raum, Raum in Bewegung*, in: *Werk, Bauen, Wohnen*, Mai 1999, Zürich, S. 6-11
- SACHSE**, Rolf (1997): *Bild und Bau. Zur Nutzung technischer Medien beim Entwerfen von Architektur*, Wiesbaden, 1997
- SAKAMURA**, Ken und **HIROYUKI**, Suzuki (Hrsg./1997): *The virtual architecture, The difference between the possible and the impossible in Architecture*, Tokyo, 1997

SALZMANN, Dieter (1986): *Der räumliche Aspekt im architektonischen Entwurf - Ein Beitrag zur Theorie und Praxis der Architekturgestaltung*, (Diss.) Weimar, 1986

SCHINK, Arnold (1990): *Mies van der Rohe*, Stuttgart, 1990

SCHLENDER, Dirk; **PETERS**, Olaf H. und **WIENHÖFER**, Magnus (2000): *The effect of maps and textual information on navigation in a desktop virtual environment*, in: *Spatial Cognition and Computation* 2 (2000), S. 412-430

SCHMAL, Peter Cachola (2000): *Wider dem rechten Winkel. Experimente mit digitalen Technologien*, in: *Deutsche Bauzeitung* 1/2000, Stuttgart, S. 32-35

SCHMARSOV, August (1894) *Das Wesen der architektonischen Schöpfung*, Leipzig, 1894

SCHMITT, Gerhard N. (1993): *Architectura et machina*, Wiesbaden, 1993

SCHMITT, Gerhard N. (1996), *Architektur mit dem Computer*, Braunschweig, 1996

SCHMITT, Gerhard N. (2000): *Information Architecture*, Basis and Future of CAAD, Basel, 2000

SCHMITT, Gerhard N.; **KURMANN** David; van der **MARK**, Ernst (1995): *Toward Virtual Reality in Architecture: Concepts and Scenarios from the Architectural Space Laboratory*, in: *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 4(3), 1995, S. 267-285

SCHÖNE, Hermann (1980): *Orientierung im Raum. Formen und Mechanismen der Lenkung des Verhaltens im Raum bei Tier und Mensch*, Stuttgart, 1980

SCHULZ-NORBERG, Christian (1979): *Vom Sinn des Bauens*, Stuttgart, 1979

SCHUMACHER, Fritz (1991): *Das Bauliche Gestalten*, Basel, 1991

SHERMAN, Barrie (1995): *Virtual Reality*, München, 1995

SHERMANN, William R. (2002): *Understanding virtual reality*, Amsterdam: interface, application and design, Amsterdam, 2002

SIEGFRIED, Walter (1977): *Mensch-Bewegung-Raum*, (Diss.) Zürich 1977

STEELE, James (2001): *Architektur und Computer – Planung und Konstruktion im digitalen Zeitalter*, München, 2001

STEINER, Barbara (1994): *In Bewegung - Denkmodelle zur Veränderung von Architektur und bildender Kunst*, Hamburg, 1994

STEINMÜLLER, Karlheinz (1993): *Wirklichkeitsmaschinen - Cyberspace und die Folgen*, Basel, 1993

STEYER, Rolf; **EID**, Michael (1993): *Messen und Testen*, Heidelberg, 1993

SPAETH, David (1986): *Mies van der Rohe - Der Architekt der technischen Perfektion*, Stuttgart, 1986

- SUMMERSON**, John (1983): *Die Klassische Sprache der Architektur*, Braunschweig, 1983
- SYRING**, Eberhard (1999): *Raumerlebnis und Erlebnisraum*, Bremen, 1999
- SZYSZKOWITZ-KOWALSKI**, Karla (1997): *Raumkonzepte*, Stuttgart, 1997
- THALMANN**, Daniel und THALMANN, Nadia Magnenat (1993): *Virtual Worlds and Multimedia*, England, 1993
- THIELE**, Carmela (1999): *Das virtuelle Architekturmuseum*, in: der Architekt 4/99, Köln, 1999, S. 44-46
- THOMSEN**, Christian W. (1991): *Experimentelle Architekten der Gegenwart*, Köln, 1991
- THOMSEN**, Christian W. (1994): *Architekturphantasien - von Babylon bis zur virtuellen Architektur*, München 1994
- TOY**, Maggie (1995): *Architects in cyberspace*, London, 1995
- TOY**, Maggie (1998): *Architects in cyberspace II*, London, 1998
- TREU**, Friedrich Wilhelm (1970): *Versuch einer quantitativen Bestimmung der Wirkung des architektonischen Raumes*, (Diss.) Hannover, 1970
- TSCHUMI**, Bernhard (1993): *Die Aktivierung des Raumes*, in: Arch+ 119, Aachen, 1993, S. 70-72
- VAN DER LAAN**, Dom (1992): *Der architektonische Raum. Fünfzehn Lektionen über die Disposition der menschlichen Behausung*, Leiden, 1992
- VIRILLO**, Paul (1994): *Schwerkraft-Raum*, in: Arch+ 124/125, Aachen, 1994, S. 46-50
- VOSS**, Arnold (2000): *Das Dilemma der Vermittlung. Jeder kann fliegen*, in: Deutsche Bauzeitung 01/2000, Stuttgart, S. 44-49
- WALKER**, John (1999): *Advances in mobile Information Systems*, London, 1999
- WALKER**, John (1990): *Mobile Information Systems*, London, 1990
- WAFFENDER**, Manfred (Hrsg./1996), *Cyberspace - Ausflüge in virtuelle Wirklichkeiten*, Köln, 1996
- WEISHAR**, Peter (1997): *Designing virtual environments*, New York, 1997
- WEDDE**, Horst F. (Hrsg./1996): *Cyber Space - Virtual reality, Fortschritt und Gefahr einer innovativen Technologie*, Stuttgart 1996
- WEIBEL**, Peter (Hrsg./1995): *The media Pavillon*, Wien, 1995
- WEIBEL**, Peter (Hrsg./1993): *Cyberspace - Zum medialen Gesamtkunstwerk*, München, 1993
- WEINGES**, Burkhard. (1973) *Zur sozialen Wirkung gebauter räumlicher Umwelt eine Problem- und Aussagestrukturierung des Gestaltaspektes*, (Diss.) Hannover, 1973

- WEISS**, Ann E. (1996): *Virtual Reality - A door to cyberspace*, New York, 1996
- WERTHEIM**, Margaret (2000): *Die Himmelstür zum Cyberspace. Eine Geschichte des Raumes von Dante zum Internet*, Zürich, 2000
- WESTPHAL**, Kristin (1997): *Zwischen Himmel und Erde, Annäherung an eine kulturpädagogische Theorie des Raumerlebnisses*, Frankfurt, 1997
- WHYTHE**, Jennifer (2002): *Virtual Reality and the built environment*, Oxford, 2002
- WIEHAGER**, Renate (1999): *The space is everywhere*, Esslingen, 1999
- WILIAM**, Sherman (2002): *Understanding VR: Interface, Application and design*, New York, 2002
- WILLIM**, Bernd (1992): *Designer im Bereich Cyberspace*, Berlin, 1992
- WINKELVOSS**, Wulff (1985): *Architektur und Raum. Sehen und sichtbar machen*, Stuttgart, 1985
- WÖLFFIN**, Heinrich (1946): *Prolegomena zu einer Psychologie der Architektur*, Basel, 1946
- WOOLEY**, Benjamin (1993): *Virtual Worlds*, London, 1993
- WORMBS**, Brigitte (1986): *Raumfolgen*, Darmstadt, 1986
- ZEVI**, Bernd (1957): *Architecture as space*, New York. 1957
- ZELLNER**, Peter (1999): *Hybrid Space*, New Forms in digital architecture, London, 1999
- ZIEGLER**, Rolf (1997): *System zum integrierten Einsatz von haptischen Displays in virtuellen Umgebungen*, (Diss.) Darmstadt, 1997

ANHANG B ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Titelblatt

Eigenanfertigung

Kapitel 1

Abb. 01: Kapitelübersicht, Eigenanfertigung

Kapitel 2

Abb. 02: Schematische Übersicht der Begrifflichkeiten zur virtuellen Architektur, Eigenanfertigung

Abb. 03: Virtuelle Informationsumgebung. Die Wände dienen als Informationsfläche für den Nutzer, in: Leonardo Online 4/2000, Augsburg, 2000, S. 68

Abb. 04: Räumliche Darstellung komplexer Beziehungsgeflechte in einer virtuellen Informationsumgebung, in: Engeli, Maia (2000), S. 24

Abb. 05: Beispiel einer liquiden Architektur. Die Wände sind dem Informationsgehalt unterworfen und fließen um den Raum, in: Leonardo Online 3/2000, Augsburg, 2000, S. 52

Abb. 06: Technisches Prinzip des Interagierens in virtuellen Welten, Eigenanfertigung

Abb. 07: Technisches Prinzip eines magnetischen Tracking-Systems, in: Hennig, Alexander (1997), S. 73

Abb. 08: Darstellung der sechs Parameter, die eine räumliche Position und Ausrichtung des Objektes definieren, in: Hennig, Alexander (1997), S. 76

Abb. 09: Stylus als VR-Eingabegerät, Eigenanfertigung

Abb. 10: Datenhandschuh als Eingabegerät, in: Hennig, Alexander (1997), S. 86

Abb. 11: Head Mounted Display als Ausgabegerät, Eigenanfertigung

Abb. 12: Projektionssystem des CAVE, in: TAN-Projektionstechnologie-Produktbroschüre, S. 11

Kapitel 3

Abb. 13: Flächenarten des architektonischen Raumes, Eigenanfertigung

Abb. 14: Architektonischer Raum als Abgrenzung vom Naturraum, in: Deutsche Bauzeitung 4/96, Stuttgart, 1996, S. 21

Abb. 15: Architektonischer Raum als Arbeitsraum, in: Detail 5/1995, München, 1995, S. 849

Abb. 16: Raumkategorien des architektonischen Raumes nach D. Salzmann, Eigenanfertigung

Abb. 17: Raumkategorien des architektonischen Raumes in realer Architektur, Eigenanfertigung

Abb. 18: Bewegungslenkung durch Wände aus dem architektonischen in den Naturraum, in: Baumeister 11/2001, München, 2001, S. 85

Abb. 19: Materialität als Begrenzung des architektonischen Raumes. Hamburger Bahnhof in Berlin, in: Deutsche Bauzeitung 10/96, Stuttgart, 1996, S. 20

Abb. 20: Gruppenexperiment zur Raumwahrnehmung in einem leeren Schwimmbecken, in: Muck, Herbert (1986), S. 25

- Abb. 21: Gruppenexperiment zur Raumwahrnehmung in einem leeren Schwimmbecken, in: Muck, Herbert (1986), S. 37
- Abb. 22: Dominanz von vertikalen und horizontalen Strukturen in der gebauten und in der natürlichen Umwelt, in: Baumeister 1/2002, München, 2002, S. 71
- Abb. 23: Funktionelle Ordnung durch Öffnungen für die Zugänglichkeit sowie die Licht- und Luftzufuhr des Raumes, in: Baumeister 10/2002, München, 2002, S. 82
- Abb. 24: Die Wand als Begrenzung des Innen- und Außenraumes, in: Baumeister 4/2001, München, 2001, S. 44
- Abb. 25: Architektonische Form als Bedeutungsträger. International Neuroscience Institute in Hannover, in: Schüco-Objekt-Report, 2/2000
- Abb. 26: Die Wand als baukörperliches Element der Raumerzeugung. Jüdisches Museum in Berlin, in: Deutsche Bauzeitung 11/96, Stuttgart, 1996, S. 73
- Abb. 27: Die Öffnung als Verbindungselement zwischen Innen- und Außenraum, in: Detail 6/1995, München, 1995, S. 1025
- Abb. 28: Architektonischer Raum als öffentlicher Raum, in: Baumeister 11/2001, München, 2001, S. 87
- Abb. 29: Architektonischer Raum als privater Raum, in: Baumeister 09/2001, München, 2001, S. 75

Kapitel 4

- Abb. 30: Die Raumkategorien des architektonischen Raumes in virtueller Architektur, Eigenanfertigung

Kapitel 5

- Abb. 31: Versuchsperson mit VR-Interaktionsgeräten, Eigenanfertigung
- Abb. 32: Schematische Übersicht zur Abbildung 31, Eigenanfertigung
- Abb. 33: Schematischer Grundriß des Versuchsraumes, Eigenanfertigung
- Abb. 34: Schematischer Grundriß der virtuellen Umgebung mit offenen Nischen, Eigenanfertigung
- Abb. 35: Blick aus Sicht der Versuchsperson in die Umgebung mit offenen Nischen, Eigenanfertigung
- Abb. 36: Standpunkt und Blickrichtung der Versuchsperson im Grundriß zur Abbildung 35, Eigenanfertigung
- Abb. 37: Schematischer Grundriß der virtuellen Umgebung mit türähnlichem Zugang zur Nische, Eigenanfertigung
- Abb. 38: Blick aus Sicht der Versuchsperson in die Umgebung mit türähnlichem Zugang zur Nische, Eigenanfertigung
- Abb. 39: Standpunkt und Blickrichtung der Versuchsperson im Grundriß zur Abbildung 38, Eigenanfertigung
- Abb. 40: Graphische Darstellung der Ortswahl der Versuchspersonen in der Umgebung mit türähnlichem Zugang zur Nische, Eigenanfertigung
- Abb. 41: Graphische Darstellung der Ortswahl der Versuchspersonen in der Umgebung mit offenen Nischen, Eigenanfertigung
- Abb. 42: Mittelwerte der Ermittlung des Gefühls von Privatheit, Eigenanfertigung
- Abb. 43: Items mit besonders hohen Werten im Vergleich beider Versuchsumgebungen, Eigenanfertigung

- Abb. 44: Frei begehbare Öffnung der virtuellen Versuchsumgebung, Eigenanfertigung
- Abb. 45: Meistgewählter Ort in der virtuellen Umgebung mit offenen Nischen
- Abb. 46: Schematische Darstellung der Dreiecksvervollständigung, Eigenanfertigung
- Abb. 47: Schematische Darstellung der Versuchsumgebung von Mark et al., in: Perception, 1997, Volume 26, England, S. 301-311
- Abb. 48: Schematischer Grundriß der virtuellen Umgebung, Eigenanfertigung
- Abb. 49: Blick aus der Sicht der Versuchsperson in die virtuelle Umgebung mit orthogonalen Strukturen, Eigenanfertigung
- Abb. 50: Standpunkt und Blickrichtung der Versuchsperson im Grundriß zur Abbildung 49, Eigenanfertigung
- Abb. 51: Blick aus Sicht der Versuchsperson in die virtuelle Umgebung mit nicht orthogonalen Strukturen, Eigenanfertigung
- Abb. 52: Standpunkt und Blickrichtung der Versuchsperson im Grundriß zur Abbildung 51, Eigenanfertigung
- Abb. 53: Graphische Darstellung des zurückgelegten Weges der Versuchsperson, Eigenanfertigung
- Abb. 54: Mittelwerte der Distanzermittlung beider Gruppen, Eigenanfertigung
- Abb. 55: Mittelwerte der subjektiven Orientierung beider Gruppen, Eigenanfertigung
- Abb. 56: Schematischer Grundriß der virtuellen Umgebung, Eigenanfertigung
- Abb. 57: Blick aus Sicht der Versuchsperson in die Umgebung mit nicht strukturierten Wänden, Eigenanfertigung
- Abb. 58: Standpunkt und Blickrichtung der Versuchsperson im Grundriß zur Abbildung 57, Eigenanfertigung
- Abb. 59: Blick aus Sicht der Versuchsperson in die Umgebung mit strukturierten Wänden, Eigenanfertigung
- Abb. 60: Standpunkt und Blickrichtung der Versuchsperson im Grundriß zur Abbildung 59, Eigenanfertigung
- Abb. 61: Mittelwerte der aufgewendeten Zeit, Eigenanfertigung
- Abb. 62: Mittelwerte der empfundenen Bewegungsunterstützung, Eigenanfertigung

Kapitel 6

- Abb. 63: Die Raumkategorien des architektonischen Raumes in virtueller Architektur nach abschließender Betrachtung, Eigenanfertigung

Der Autor hat sich nach besten Kräften bemüht, die erforderlichen Reproduktionsrechte für alle Abbildungen einzuholen. Für den Fall, daß etwas übersehen wurde, bin ich für Hinweise der Leser dankbar.

ANHANG C**CURRICULUM VITAE**

Name	Patrick Jakob
Adresse	Roseggerstraße 4 30173 Hannover
Geburtsdatum	29.12.1971
Geburtsort	Einbeck
Staatsangehörigkeit	deutsch
Familienstand	ledig
Eltern	Eberhard Jakob Gisela Jakob, geb. Kroll
1978 – 1982	Grundschule in Dassel-Markoldendorf
1982 – 1984	Orientierungsstufe in Dassel
1984 – 1991	Paul-Gerhardt-Schule (Gymnasium) Abschluß: Abitur
1991 – 1992	Zivildienst
1992 – 1998	Architekturstudium an der Universität Hannover Abschluß: Diplom
1998 – 2002	Architekt bei Architekten Determann + Martienssen in Hannover
2000	Mitglied der Architektenkammer Nie- dersachsen
2000 – 2005	Externer Doktorand an der Bauhaus- Universität Weimar
2002 bis dato	Referent bei der Architektenkammer Niedersachsen in Hannover

ANHANG D VERÖFFENTLICHUNGEN

- 2003 Donath, D., Jakob, P.: *The relevance of classical elements in virtual architecture – examined by the example of the wall*, in: Leeuwen, Jos van (Hrsg.): Design & Decision Support Systems Workshop 2003, Eindhoven, Niederlande, 2003, url: <http://www.ddss.arch.tue.nl/conference/ws2003/presentations/Patrick%20Jakob.ppt>
- 2004 Jakob, P.: *The relevance of vertical structures in virtual architecture*, 7th Tübingen Perception Conference, Tübingen, 2004, S. 152
- 2004 Jakob, P.: *Wenn die Wände bröckeln – Möglichkeiten des virtuellen Raums*, in: CADforum 1/04, Basel, Schweiz, 2004, S. 40-43
- 2005 Jakob, P.: *The feeling of privacy in virtual architecture*, 8th Tübingen Perception Conference, Tübingen, 2005, S. 117

ANHANG E EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich an Eides Statt in Kenntnis der strafbaren Folgen einer eidesstattlichen Falschaussage, daß ich die vorliegende Dissertationsschrift zum Thema:

Die Bedeutung von Klassischen Elementen in virtueller Architektur

Untersucht am Beispiel der Wand

selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen unmittelbar und mittelbar entnommenen Daten, Methoden und Konzepte sind hinsichtlich ihrer Herkunft unmißverständlich gekennzeichnet. Von mir wurde weder diese noch eine andere Dissertationsschrift an einer anderen Hochschule oder wissenschaftlichen Einrichtung zur Einleitung eines Promotionsverfahrens eingereicht.

Die Arbeit wurde nach der alten Rechtschreibregelung verfaßt.

Ort, Datum

Unterschrift

ANHANG F FRAGEBÖGEN

Experiment 1

Fragebogen

Dieser Fragebogen soll Ihr Verhalten in der virtuellen Architektur erfassen. Denken Sie bitte an die Situation, in der Sie sich gerade in der virtuellen Umgebung befunden und gehandelt haben. Alle Fragen beziehen sich darauf, wobei der Fragebogen in einzelne Blöcke gegliedert ist. Zu Beginn werden Ihnen Fragen zu Ihrer Verfassung gestellt, danach schließen sich allgemeine Fragen zum Umgang mit Computersystemen an. Der dritte Teil bezieht sich direkt auf die gestellte Aufgabe und ihre Empfindungen sowie ihr Handeln.

Bitte lesen sie jede Frage/Feststellung und wählen Sie aus den Skalen oder den vorgegebenen Antworten diejenige aus, die angibt, wie sie die Situation vor und während des Experimentes erlebt haben. Beantworten Sie bitte **alle** Fragen, da sonst die Auswertung der Daten erheblich erschwert wird.

Sie können bei den Antwortskalen die gesamte Palette ausnutzen, wobei es keine richtigen oder falschen Antworten gibt und ganz allein **Ihre Meinung** zählt. Alle Daten werden natürlich streng vertraulich und völlig anonym behandelt.

Teilnehmer Nr.:

1. Alter
_____Jahre

2. Geschlecht
() männlich () weiblich

3. Beruf

Ich möchte Ihnen nun einige Fragen rund um das Experiment stellen. Bitte geben Sie an, wie sehr die folgenden Aussagen auf Sie zutreffen.

4	Mir hat das Experiment sehr viel Spaß gemacht.							
.		-	-	-	0	+	+	+
		3	2	1		1	2	3
trifft		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht zu								
								trifft zu
5	Ich war vor dem Experiment sehr stark aufgeregt.							
.		-	-	-	0	+	+	+
		3	2	1		1	2	3
trifft		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht zu								
								trifft zu
6	Ich war vor dem Experiment sehr gut gelaunt.							
.		-	-	-	0	+	+	+
		3	2	1		1	2	3
trifft		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht zu								
								trifft zu
7	Ich war völlig bereit, mich auf die virtuelle Umgebung einzulassen.							
.		-	-	-	0	+	+	+
		3	2	1		1	2	3
trifft		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht zu								
								trifft zu

8.	War Ihnen das Experiment eher angenehm oder eher unangenehm?						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
sehr							
unange-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nehm							
							sehr
							angenehm
9.	War Ihnen die virtuelle Umgebung eher angenehm oder eher unangenehm?						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
sehr							
unange-	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nehm							
							sehr
							angenehm

10. Haben Sie das Experiment *vorzeitig* abgebrochen?

☐ ja ☐ nein

falls ja, warum? _____
 -

12. Wie oft haben Sie bereits an Experimenten dieser Art teilgenommen?

_____ mal
 -

Die bisherige Erfahrung mit dem Computer kann von Mensch zu Mensch unterschiedlich ausfallen. Wie ist das bei Ihnen?

13. Wie oft benutzen Sie diese oder ähnliche VR-Techniken?

täglich	mehrmals pro Woche	wöchentlich	mehrmals im Monat	monatlich	seltener oder nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14. Wie oft benutzen Sie Computerspiele?

täglich	mehrmals pro Woche	wöchentlich	mehrmals im Monat	monatlich	seltener oder nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. Wie oft benutzen Sie das Internet?

täglich	mehrmals pro Woche	wöchentlich	mehrmals im Monat	monatlich	seltener oder nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

16. Wie oft benutzen Sie ein Computerterminal (beispielsweise in einer Bank oder Post?)

täglich	mehrmals pro Woche	wöchentlich	mehrmals im Monat	monatlich	seltener oder nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Der folgende Fragenblock bezieht sich auf Ihre Aufgabe des Auffindens eines Ortes für ein vertrautes Gespräch

17. In der virtuellen Umgebung gab es **einen** Platz, an dem ich das Gespräch führen würde

trifft zu ☐

trifft nicht
zu ☐ **Dann weiter mit
Frage 37**

18. Wie sehr stimmen Sie **einer** dieser Aussagen zu

- ☐ mir war nach **einem** Rundgang bewußt, welchen Ort ich wählen würde
- ☐ ich mußte die Umgebung **zweimal** durchschreiten, bevor ich mich für einen Ort entscheiden konnte
- ☐ ich mußte die Umgebung **mehr als zweimal** durchschreiten, bevor ich mich für einen Ort entscheiden konnte
- ☐ ich konnte mich bis zum Schluß **nicht eindeutig entscheiden**, habe aber einen Ort gewählt

9. Wie viele Orte schienen Ihnen geeignet, das Gespräch zu führen

- ☐ nur ein Ort
- ☐ zwei Orte
- ☐ mehr als zwei Orte

20. Haben Sie in dem Experiment empfunden, daß Sie sehr wenig Zeit oder sehr viel Zeit benötigt haben, um diesen Ort zu finden

sehr wenig Zeit ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr viel Zeit

Nach Wahl dieses Ortes hatte ich das Gefühl, daß

21. dieser Ort **unbeobachtet** ist

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

22. dieser Ort **schwer auffindbar** ist

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

23. dieser Ort **sicher** ist

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

24. dieser Ort **schwer zugänglich** ist

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

25. ich an diesem **ungestört** bin

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

26. dieser Ort **nicht einsehbar** ist

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

27. dieser Ort **nicht belauschbar** ist

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

28. ich **mich entspannen** konnte

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

29. ich frei **sprechen** konnte

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

30. dieser Ort **isoliert** ist

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

31. dieser Ort **anonym** ist

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

32. dieser Ort **unbehelligt** ist

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

33. ich mich **zurückziehen** konnte

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

34. ich das Gefühl von **Geborgenheit** verspürte

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

35. ich das Gefühl von **Ruhe** verspürte

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

36. ich mich **zwanglos bewegen** konnte

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

Überprüfen Sie bitte, ob Sie alle Fragen beantwortet haben.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und das Ausfüllen des Fragebogens. Falls Sie an dieser Stelle noch einige Anmerkungen oder Kritik, sowohl in positiver als auch in negativer Form haben, dann teilen Sie uns diese bitte mit:

Falls Sie die Frage Nr. 17 mit NEIN beantwortet haben, folgen hier nun Fragen nach dem Grund dafür:

Ich habe keinen Ort für das Gespräch finden können, da

37. mir kein Ort **unbeobachtet** erschien

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

38. mir kein Ort **schwer auffindbar** erschien

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

39. mir kein Ort **sicher** erschien

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

40. mir jeder Ort **leicht zugänglich** erschien

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

41. mir kein Ort **ungestört** erschien

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

42. mir jeder Ort **leicht einsehbar** erschien

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

43. jeder Ort **belauschbar** erschien

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

44. ich **mich nicht entspannen** konnte

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

45. ich nicht frei **sprechen** konnte

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

46. mir kein Ort **isoliert** erschien

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

47. mir kein Ort **anonym** erschien

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

48. mir kein Ort **unbehelligt** erschien

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

49. ich mich **nicht zurückziehen** konnte

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

50. ich **kein** Gefühl von **Geborgenheit** verspürte

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

51. ich **kein** Gefühl von **Ruhe** verspürte

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

52. ich mich **nicht zwanglos bewegen** konnte

trifft zu ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ trifft nicht zu

Überprüfen Sie bitte, ob Sie alle Fragen beantwortet haben.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und das Ausfüllen des Fragebogens. Falls Sie an dieser Stelle noch einige Anmerkungen oder Kritik, sowohl in positiver als auch in negativer Form haben, dann teilen Sie uns diese bitte mit:

Experiment 2

Fragebogen

Dieser Fragebogen soll Ihr Verhalten in der virtuellen Architektur erfassen. Denken Sie bitte an die Situation, in der Sie sich gerade in der virtuellen Umgebung befunden und gehandelt haben. Alle Fragen beziehen sich darauf, wobei der Fragebogen in drei Blöcke gegliedert ist. Im ersten Teil werden Fragen zu Ihrer Verfassung gestellt, danach schließen sich allgemeine Fragen zum Umgang mit Computersystemen an. Der dritte Teil bezieht sich direkt auf die gestellte Aufgabe und ihre Empfindungen sowie ihr Handeln.

Bitte lesen sie jede Frage/Feststellung durch und wählen sie aus den Skalen oder den vorgegebenen Antworten diejenige aus, die angibt, wie sie die Situation vor und während des Experimentes erlebt haben. Beantworten Sie bitte **alle** Fragen, da sonst die Auswertung der Daten erheblich erschwert wird.

Sie können die gesamte Palette der Antwortmöglichkeiten ausnutzen, wobei es keine richtigen oder falschen Antworten gibt und ganz allein **Ihre Meinung** zählt. Alle Daten werden natürlich streng vertraulich und völlig anonym behandelt.

Teilnehmer Nr.:

1. Alter
_____Jahre

2. Geschlecht
() männlich () weiblich

3. Beruf

Wir möchten Ihnen nun einige Fragen rund um das Experiment stellen. Bitte geben Sie an, wie sehr die folgenden Aussagen auf Sie zutreffen.

4.	Mir hat das Experiment sehr viel Spaß gemacht.
	-3 -2 -1 0 +1 +2 +3
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> trifft zu
5.	Ich war vor dem Experiment sehr stark aufgeregt.
	-3 -2 -1 0 +1 +2 +3
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> trifft zu
6.	Ich war vor dem Experiment sehr gut gelaunt.
	-3 -2 -1 0 +1 +2 +3
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> trifft zu
7.	Ich war völlig bereit, mich auf die virtuelle Umgebung einzulassen.
	-3 -2 -1 0 +1 +2 +3
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> trifft zu

8.	War Ihnen das Experiment eher angenehm oder eher unangenehm?
	-3 -2 -1 0 +1 +2 +3
sehr unange- nehm	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> sehr angenehm
9.	War Ihnen die virtuelle Umgebung eher angenehm oder eher unangenehm?
	-3 -2 -1 0 +1 +2 +3
sehr unange- nehm	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> sehr angenehm

10. Haben Sie das Experiment *vorzeitig* abgebrochen?

☐ ja ☐ nein

falls ja, warum? _____

12. Wie oft haben Sie bereits an Experimenten dieser Art teilgenommen?

_____ mal
—

Die bisherige Erfahrung mit dem Computer kann von Mensch zu Mensch unterschiedlich ausfallen. Wie ist das bei Ihnen?

13. Wie oft benutzen Sie diese oder ähnliche VR-Techniken?

täglich	mehrmals pro Woche	wöchentlich	mehrmals im Monat	monatlich	seltener oder nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14. Wie oft benutzen Sie Computerspiele?

täglich	mehrmals pro Woche	wöchentlich	mehrmals im Monat	monatlich	seltener oder nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. Wie oft benutzen Sie das Internet?

täglich	mehrmals pro Woche	wöchentlich	mehrmals im Monat	monatlich	seltener oder nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

16. Wie oft benutzen Sie ein Computerterminal (beispielsweise in einer Bank oder Post)?

täglich	mehrmals pro Woche	wöchentlich	mehrmals im Monat	monatlich	seltener oder nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Der folgende Fragenblock bezieht sich auf ihre Aufgabe, die Sie in der virtuellen Umgebung erledigen sollten

17. Ich habe die **erste** Säule gefunden

ja ☐

☐ nein
(dann weiter mit Frage 26)

18. Den Weg zur **ersten** Säule bin ich **ohne** Umwege gegangen

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

19. Ich habe die **zweite** Säule gefunden

ja ☐

☐ nein
(dann weiter mit Frage 26)

20. Den Weg zur **zweiten** Säule bin ich **ohne** Umwege gegangen

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

21. Auf dem Weg zum Startpunkt wußte ich zu jeder Zeit, an welcher Stelle im Raum ich mich befinde

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

22. Den Weg zum Startpunkt bin ich bewußt und zielgerichtet gegangen

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

23. Die Entscheidung für die Bestimmung des Startpunktes fiel mir leicht

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

24. Wie sicher waren Sie sich nach ihrer Entscheidung, daß ihr Standpunkt mit dem Startpunkt übereinstimmt?

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
gar nicht si- cher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ganz sicher

25. Haben Sie in dem Experiment empfunden, dass Sie sehr wenig Zeit oder sehr viel Zeit benötigt haben, um die Aufgabe zu erledigen?

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
sehr wenig Zeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr viel Zeit

Kreuzen Sie an, wie sehr sie den einzelnen Aussagen zustimmen.

26. Bei der Erledigung der Aufgabe empfand ich die virtuelle Umgebung als eine hilfreiche Unterstützung.

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

27. Bei der Erledigung der Aufgabe empfand ich die virtuelle Umgebung als verunsichernd.

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

28. Bei der Erledigung der Aufgabe empfand ich die virtuelle Umgebung als störend.

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

29. Die Wände in der virtuellen Umgebung haben meine Laufrichtung beeinflusst

-3 -2 -1 0 +1 +2 +3

trifft
nicht zu

☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐

trifft zu

Nun folgen noch einige Fragen bezüglich Ihres Empfindens während des Experiments

30. Ich habe während des Versuchs meinen Kopf...

- ☐ *nie* in eine schräge Position bringen müssen.
- ☐ *einmal* in eine schräge Position bringen müssen.
- ☐ *mehr als einmal* in eine schräge Position bringen müssen.
- ☐ *immer* in eine schräge Position bringen müssen.

31. Ich hatte eine Art Schwindelgefühl.

-3 -2 -1 0 +1 +2 +3

trifft
nicht zu

☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐

trifft zu

32. Ich hatte das Gefühl umzukippen.

-3 -2 -1 0 +1 +2 +3

trifft
nicht zu

☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐

trifft zu

33. Ich hatte das Gefühl, schief zu stehen.

-3 -2 -1 0 +1 +2 +3

trifft
nicht zu

☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐

trifft zu

Überprüfen Sie bitte, ob Sie alle Fragen beantwortet haben !!

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit und das Ausfüllen des Fragebogens. Falls Sie an dieser Stelle noch einige Anmerkungen oder Kritik sowohl in positiver als auch in negativer Form haben, dann teilen Sie uns diese bitte mit:

Experiment 3

Fragebogen

Dieser Fragebogen soll Ihr Verhalten in der virtuellen Architektur erfassen. Denken Sie bitte an die Situation, in der Sie sich gerade in der virtuellen Umgebung befunden und gehandelt haben. Alle Fragen beziehen sich darauf, wobei der Fragebogen in drei Blöcke gegliedert ist. Im ersten Teil werden Fragen zu Ihrer Verfassung gestellt, danach schließen sich allgemeine Fragen zum Umgang mit Computersystemen an. Der dritte Teil bezieht sich direkt auf die gestellte Aufgabe und ihre Empfindungen sowie ihr Handeln.

Bitte lesen sie jede Frage/Feststellung durch und wählen sie aus den Skalen oder den Antworten diejenige aus, die angibt, wie sie die Situation vor und während des Experimentes erlebt haben. Beantworten Sie bitte **alle** Fragen, da sonst die Auswertung der Daten erheblich erschwert wird.

Sie können die gesamte Palette der Antwortmöglichkeiten ausnutzen, wobei es keine richtigen oder falschen Antworten gibt und **ganz allein Ihre Meinung zählt**. Alle Daten werden natürlich streng vertraulich und völlig anonym behandelt.

Teilnehmer Nr.:

1. Alter
_____Jahre

2. Geschlecht
() männlich () weiblich

3. Beruf

Wir möchten Ihnen nun einige Fragen rund um das Experiment stellen. Bitte geben Sie an, wie sehr die folgenden Aussagen auf Sie zutreffen.

4.	Mir hat das Experiment sehr viel Spaß gemacht.							
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft								trifft zu
nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.	Ich war vor dem Experiment sehr stark aufgeregt.							
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft								trifft zu
nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6.	Ich war vor dem Experiment sehr gut gelaunt.							
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft								trifft zu
nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7.	Ich war völlig bereit, mich auf die virtuelle Umgebung einzulassen.							
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft								trifft zu
nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

8.	War Ihnen das Experiment eher angenehm oder eher unangenehm?							
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
sehr unangenehm								sehr angenehm
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9.	War Ihnen die virtuelle Umgebung eher angenehm oder eher unangenehm?							
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
sehr unangenehm								sehr angenehm
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

10. Haben Sie das Experiment *vorzeitig* abgebrochen?

☐ ja ☐ nein

falls ja, warum? _____

12. Wie oft haben Sie bereits an Experimenten dieser Art teilgenommen?

_____ mal
—

Die bisherige Erfahrung mit dem Computer kann von Mensch zu Mensch unterschiedlich ausfallen. Wie ist das bei Ihnen?

13. Wie oft benutzen Sie diese oder ähnliche VR-Techniken?

täglich	mehrmals pro Woche	wöchentlich	mehrmals im Monat	monatlich	seltener oder nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14. Wie oft benutzen Sie Computerspiele?

täglich	mehrmals pro Woche	wöchentlich	mehrmals im Monat	monatlich	seltener oder nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. Wie oft benutzen Sie das Internet?

täglich	mehrmals pro Woche	wöchentlich	mehrmals im Monat	monatlich	seltener oder nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

16. Wie oft benutzen Sie ein Computerterminal
(beispielsweise in einer Bank oder Post?)

täglich	mehrmals pro Woche	wöchentlich	mehrmals im Monat	monatlich	seltener oder nie
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Der folgende Fragenblock bezieht sich auf ihre Aufgabe, die Sie in der virtuellen Umgebung erledigen sollten

17. Ich habe die Anlaufpunkte gefunden

ja ☐

☐ nein
(weiter mit Frage 30)

18. Ich habe den Ausgang gefunden

ja ☐

☐ nein
(weiter mit Frage 30)

19. Es fiel mir leicht, den Grundriß in die virtuelle Umgebung umzusetzen

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

20. Beim Auffinden der Anlaufpunkte bin ich ausschließlich den vorgegebenen Weg gegangen

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

21. Beim Auffinden der Anlaufpunkte habe ich mich ausschließlich zielgerichtet bewegt

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

22. Beim Auffinden der Anlaufpunkte habe ich mich rein intuitiv bewegt

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

23. Haben Sie in dem Experiment empfunden, dass Sie sehr wenig Zeit oder sehr viel Zeit benötigt haben, um den Ausgang zu finden?

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
sehr wenig Zeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	sehr viel Zeit

Es folgen nun Fragen zu den in der virtuellen Umgebung dargestellten Wänden.

24. Bei der Erledigung der Aufgabe empfand ich die dargestellten Wände als eine hilfreiche Unterstützung.

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

25. Bei der Erledigung der Aufgabe empfand ich die dargestellten Wände als verunsichernd.

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

26. Bei der Erledigung der Aufgabe empfand ich die dargestellten Wände als störend.

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

27. Die in der virtuellen Umgebung dargestellten Wände haben meine Laufrichtung beeinflusst.

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

28. Ich habe mich an den dargestellten Wänden...

- ☐ entlang bewegt.
- ☐ bin *an einer Stelle* durch sie hindurchgegangen.
- ☐ bin *an mehr als einer Stelle* durch sie hindurchgegangen.
- ☐ bin *immer* durch sie hindurchgegangen.

29. Bei der Erledigung der Aufgabe wußte ich zu jeder Zeit, an welcher Stelle ich mich befinde

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

Überprüfen Sie bitte, ob Sie alle Fragen beantwortet haben.

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit und das Ausfüllen des Fragebogens. Falls Sie an dieser Stelle noch einige Anmerkungen oder Kritik sowohl in positiver als auch in negativer Form haben, dann teilen Sie uns diese bitte mit:

Bitte die folgenden Fragen nur beantworten, falls der Ausgang NICHT gefunden wurde.

30. Ich habe die Aufgabe nicht erledigen können, weil ich mir den Grundriß (Draufsicht) nicht einprägen konnte

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

31. Ich habe die Aufgabe nicht erledigen können, weil ich mir zwar den Grundriß einprägen, ihn aber **nicht** in der virtuellen Umgebung umsetzen konnte

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft nicht zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu

33. Ich habe die Aufgabe nicht erledigen können, weil ich vom Weg abgekommen war und nicht mehr wußte wo ich bin

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu
nicht zu								

31. Ich habe die Aufgabe nicht erledigen können, weil ich zwar dem Weg gefolgt bin, aber keinen Ausgang finden konnte

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu
nicht zu								

33. Ich habe die Aufgabe nicht erledigen können, weil ich durch die Wand gegangen bin und mich nicht mehr orientieren konnte

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu
nicht zu								

34. Ich habe die Aufgabe nicht erledigen können, weil ich immer wieder zur selben Stelle gelangte, ohne den Ausgang zu sehen.

	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
trifft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	trifft zu
nicht zu								

Überprüfen Sie bitte, ob Sie alle Fragen beantwortet haben.

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit und das Ausfüllen des Fragebogens. Falls Sie an dieser Stelle noch einige Anmerkungen oder Kritik sowohl in positiver als auch in negativer Form haben, dann teilen Sie uns diese bitte mit:

ANHANG G ANMERKUNGSVERZEICHNIS

- ¹ Vgl. Engeli, Maia (2000)
<http://cybernarium.de/cybernariumdays/> (Stand 24.10.2003)
- ² Vgl. Zellner, Peter (1999)
- ³ Vgl. Schmitt, Gerhard N. (2000)
- ⁴ Siehe dazu :
<http://infar.architektur.uniweimar.de/infar/deu/forschung/vrad/intro.html>
(Stand 05.10.2003)
- ⁵ Siehe dazu:
<http://infar.architektur.uni-weimar.de/infar/deu/lehre/module/intro.html>
(Stand 05.10.2003)
- ⁶ Sieh dazu:
<http://www.igruop.org/projects/voxdesign/index.html> (Stand: 10.12.2003)
- ⁷ Sieh dazu:
<http://www.igruop.org/projects/planedesign/index.html> (Stand: 10.12.2003)
- ⁸ Sieh dazu:
<http://www.igruop.org/projects/vram/index.html> (Stand: 10.12.2003)
- ⁹ Siehe dazu:
<http://infar.architektur.uni-weimar.de/infar/deu/forschung/gebis/index.html>
(Stand 05.10.2003)
- ¹⁰ Vgl. Regenbrecht, Holger (2000)
- ¹¹ Vgl. Aukstakalmis, Steve (1994) S. 32
- ¹² Vgl. Aukstakalmis, Steve (1994) S. 32
- ¹³ Donath, Dirk (1999) <http://www.tu-cottbus.de/BTU/FAK2/EntGebRa/Symposium/donath.htm> (Stand 11.03.1999)
- ¹⁴ Vgl. Faßler Manfred et al. (1994) S. 188/189
- ¹⁵ Vgl. Aukstakalmis, Steve (1994) S. 24
- ¹⁶ Vgl. <http://www.uni-weimar.de/~fische11/definition.html> (Stand 26.06.2001)
- ¹⁷ Vgl. Schmitt, Gerhard (1993) S. 197
- ¹⁸ Vgl. Schmitt, Gerhard (1996) S. 72
- ¹⁹ Vgl. Regenbrecht, Holger (2000)
- ²⁰ Der Begriff der Immersion steht in direktem Zusammenhang mit der Präsenzforschung, einem eigenständigen Forschungsgebiet. Für eine vertiefende Auseinandersetzung siehe: Regenbrecht, Holger (2000)
- ²¹ Vgl. Faßler, Manfred (1999) S. 50
- ²² Vgl. Meister, K. (2000) http://www.uni-weimar.de/~meister1/private/papers/diplom/diplom_003.html.
(Stand 23.05.2000)
- ²³ Vgl. Rötzer, Florian (1999) S. 21-22
- ²⁴ Vgl. Bertoli, Daniela (1997) S. 288
- ²⁵ Vgl. Bertoli, Daniela (1997) S. 56
- ²⁶ Vgl. Bertoli, Daniela (1997) S. 57-58
- ²⁷ Mit force-feedback-glove wird ein sogenannter Datenhandschuh bezeichnet, der dem Nutzer in Form von Sensoren Widerstände simulieren kann. Wird beispielsweise ein Gegenstand in der virtuellen Architektur vom Nutzer berührt, simuliert der Datenhandschuh den Gegenstand als materielles Bauteil.
- ²⁸ Vgl. Bertoli, Daniela (1997) S. 218-221
- ²⁹ Vgl. Weibel, Peter (1995) S. 9-11
- ³⁰ Vgl. Schmitt, Gerhard in: Engeli, Maia (2001) S. 7
- ³¹ Vgl. Anders, Peter (2000) S. 198
- ³² Vgl. Bertoli, Daniela (1997) S. 288
- ³³ Vgl. Thomsen, Christian W. (1994) S. 183
- ³⁴ Vgl. Alliez, Eric (1998) in Brakel, Franz Schneider (1998) S. 33-36
- ³⁵ Für eine ausführliche Darstellung der Entwicklung des virtuellen Raumes in der Architekturgeschichte siehe: Wertheim, Margaret (2000). Wertheim beschreibt ausgehend vom mittelalterlichen Weltbild die Veränderungen der Raumbegriffe über die Renaissance, bis hin zum 20. Jahrhundert.

- ³⁶ Siehe dazu: Bloomer, Jennifer (1993) *Architecture and the text: The scripts of Joyce and Piranesi*, New York, 1993 sowie: Kupfer, Alexander (1992) *Piranesi Carceri*, Stuttgart 1992
- ³⁷ Vgl. Pahl, Jürgen (1999) S. 230 ff
- ³⁸ Vgl. Flusser, Villem (1999) *Die Informationsgesellschaft: Phantom oder Realität?*, Köln, 1999
- ³⁹ Vgl. Rötzer, Florian (1998) S. 11
- ⁴⁰ Zum Begriff der Informationsarchitektur siehe: Schmitt, Gerhard (1996) und (2000)
- ⁴¹ Vgl. Schmitt, Gerhard (2000) S. 59-62
- ⁴² Vgl. Engeli, Maia (2001) S. 76
- ⁴³ Vgl. Engeli, Maia (2001) S. 103-104
- ⁴⁴ Goldmann, Glen (1991) S. 68-69
- ⁴⁵ Vgl. Meurer, Bernd (1994) S. 199-202
- ⁴⁶ Vgl. Benedikt, Michael (1993) S. 225-252
- ⁴⁷ Toy, Maggie et al. (1998) S. 39
- ⁴⁸ Vgl. Pasing, Anton Markus (1998) S. 100
- ⁴⁹ Toy, Maggie et al. (1995) S. 40-41
- ⁵⁰ Vgl. Regenbrecht, Holger (2000)
- ⁵¹ Vgl. Ching, Francis D. K. (1986) S. 18
- ⁵² Vgl. Grütter, J.K. (1987) S. 125
- ⁵³ Vgl. Ching, Francis D. K. (1986) S. 16
- ⁵⁴ Vgl. Ching, Francis D. K. (1986) S. 152
- ⁵⁵ Vgl. Rother, Wolfgang (1985) S. 122-127
- ⁵⁶ Vgl. Norberg-Schulz, Christian. (1979) S. 134
- ⁵⁷ Vgl. Feldkeller, Christoph (1989) S. 84
- ⁵⁸ Van der Laan, Dom (1992) S. 6
- ⁵⁹ Vgl. Feldkeller, Chr. (1989) S. 125
- ⁶⁰ Vgl. Feldkeller, Chr. (1989) S. 126
- ⁶¹ Feldkeller, Christoph (1989) S. 61
- ⁶² Vgl. Moles, A. A. ; Rohmer, E. (1972) *Psychologie de l'espace*, Paris, 1972
- ⁶³ Vgl. van der Laan, Dom (1992) S. 2
- ⁶⁴ Für weiterführende Literatur zum Aspekt des kunsthistorischen Raumbegriffs siehe:
Frankl, Paul: *Die Entwicklungsphasen der neueren Baukunst*, Berlin, 1914; Riegel, Alois: *Stilfragen*, Berlin 1893; Schmarsov, August: *Das Wesen der architektonischen Schöpfung*, Leipzig, 1884; Schmarsov, August: *Grundbegriffe der Kunstwissenschaft*, Berlin, 1905; Wölfin, Heinrich: *Kunstgeschichtliche Grundbegriffe. Das Problem der Stilentwicklung in der neuen Kunst*, München, 1921
- ⁶⁵ Ebe, Gustav (1900) S. 1
- ⁶⁶ Schmarsov, August (1894) S. 16
- ⁶⁷ Vgl. Wölfin, Heinrich (1921) S. 69
- ⁶⁸ Wölfin, Heinrich (1946) S. 17
- ⁶⁹ Berlage, H.P. (1905) S. 52
- ⁷⁰ Abel, Adolf (1952) S. 111
- ⁷¹ Vgl. Joedicke, Jürgen (1985) S. 107
- ⁷² Vgl. Zevi, Bruno (1991) S. 26
- ⁷³ Boudon, Philippe (1991) S. 7
- ⁷⁴ Feldkeller, Christoph (1989) S. 8
- ⁷⁵ Vgl. Winkelvoss, Wulff (1985) S. 18
- ⁷⁶ Winkelvoss, Wulff (1985) S. 18
- ⁷⁷ Vgl. Buchheim, Thomas (1999)
- ⁷⁸ Der Aspekt des Wahrnehmungsraumes wird im weiteren Verlauf der Arbeit noch ausführlich erläutert. Im Zusammenhang der Raumbegriffe des architektonischen Raumes. Siehe dazu Kapitel 3.1.5
- ⁷⁹ Vgl. Rohrer, Wolfgang (1984) S. 44
- ⁸⁰ Vgl. Feldkeller, Christoph (1998) S. 92
- ⁸¹ Feldkeller, Christoph (1998) S. 93
- ⁸² Vgl. Szambien, W. (1984) *Jean-Luc-Nicolas-Louis-Durand 1760-1834 – De limitation à la norme*, Paris, 1984
- ⁸³ Vgl. Feldkeller, Christoph (1998) S. 52-53
- ⁸⁴ Abel, Adolf (1952) S. 77

- ⁸⁵ Abel, Adolf (1952) S. 106-107
- ⁸⁶ Vgl. Joedicke, Jürgen (1985) S. 15
- ⁸⁷ Vgl. Krämer, Bernd (1983) S. 105-106
- ⁸⁸ Vgl. Krämer, Bernd (1983) S. 105 ff.
- ⁸⁹ Vgl. Weinges, Burghard (1973) S. 82-85
- ⁹⁰ Vgl. Van der Laan, Dom (1992) S. 13-14
- ⁹¹ Van der Laan (1992) S. 46
- ⁹² Vgl. Arnheim, Rudolf (1980) S. 17ff.
- ⁹³ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 15 ff.
- ⁹⁴ Die von D. Salzmann aufgestellten Raumkategorien und Definitionen werden unter Einbeziehung umfangreicher Quellen, die sich mit dem Raumbegriff in der Architektur auseinandersetzen (s. Literaturverzeichnis) reflektiert und im Hinblick auf die virtuelle Architektur erweitert.
- ⁹⁵ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 17
- ⁹⁶ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 147
- ⁹⁷ siehe Appia, Adolphe: Reflexionen über Raum und Zeit, 1888
- ⁹⁸ Vgl. Muck, Herbert (1986) S. 25
- ⁹⁹ Vgl. Krämer, Bernd (1983) S. 141
- ¹⁰⁰ Krämer, Bernd (1983) S. 153
- ¹⁰¹ Vgl. Arnheim, Rudolf (1980) S. 158 ff.
- ¹⁰² Vgl. Szyszkowski-Kowalski, Karla (1997) S. 93-95
- ¹⁰³ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 150
- ¹⁰⁴ Vgl. Arnheim, Rudolf (1980) S. 160-164
- ¹⁰⁵ Vgl. Rother, Wolfgang (1985) S. 77ff.
- ¹⁰⁶ Vgl. Rother, Wolfgang (1984) S. 79-80
- ¹⁰⁷ Vgl. Arnheim, Rudolf (1980) S. 78-82
- ¹⁰⁸ Bollnow, Otto Friedrich (1963) S. 18 ff.
- ¹⁰⁹ Vgl. Bollnow, Otto Friedrich (1963) S. 10-12
- ¹¹⁰ Vgl. Bollnow, Otto Friedrich (1963) S. 36-38
- ¹¹¹ Vgl. Bollnow, Otto Friedrich (1963) S. 48
- ¹¹² Vgl. Bollnow, Otto Friedrich (1963) S. 129
- ¹¹³ Vgl. Meisenheimer, Wolfgang (1964) S.21
- ¹¹⁴ Meisenheimer, Wolfgang (1964) S. 21
- ¹¹⁵ Vgl. Meisenheimer, Wolfgang (1964) S.21
- ¹¹⁶ Vgl. Joedicke, Jürgen (1985) S. 27
- ¹¹⁷ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 58-77
- ¹¹⁸ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 51
- ¹¹⁹ Vgl. Hall, Edward (1976) S. 74
- ¹²⁰ Vgl. Muck, Herbert (1986) S. 40
- ¹²¹ Vgl. Joedicke, Jürgen (1985) S. 18-20
- ¹²² Vgl. Baier, Franz Xaver (1996) S. 16 ff
- ¹²³ Vgl. Ziegler, Rolf (1997) S. 23 ff.
- ¹²⁴ Vgl. Kurze, Martin (1999) S. 9-11
- ¹²⁵ Vgl. Hall, Edward (1976) S. 66
- ¹²⁶ Vgl. Bollnow, Otto, Freidrich (1963) S. 81-83
- ¹²⁷ Vgl. Hall Edward (1976) S. 70
- ¹²⁸ Vgl. Hall, Edward (1976) S. 70
- ¹²⁹ Vgl. Bauman, Karola et al. (1979) S. 10
- ¹³⁰ Vgl. Hall, Edward (1976) S. 73
- ¹³¹ Bollnow, Otto Friedrich (1963) S. 105
- ¹³² siehe auch das einleitende Kapitel der Dissertation von M. Kurze (1999) über die physiologischen Grundlagen des Tastsinns sowie Kapitel 3.2 Wahrnehmung des Raumes
- ¹³³ Vgl. Liechti, Martin (2000) S. 52-53
- ¹³⁴ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 59
- ¹³⁵ siehe dazu: Lynch, Kevin (1960). Bei der Forschung der Raumorientierung in virtuellen Architekturen werden die theoretischen Ansätze von Lynch als Grundlagen verwendet. Zwar entstammen diese Prinzipien der Untersuchung von Städten, doch ihre klare Analytik ist auch für den Einsatz immanenter Orientierungsstrukturen von Bedeutung. Im Prinzip erscheint die Anwendung einer klaren Hierarchisierung auch in der virtuellen Architektur als richtig, da es hier von um so größerer Bedeutung ist, den

Nutzer bei der mentalen Bildung einer hierarchischen räumlichen Struktur zu unterstützen. R. P. Darken (1996) war der Erste, der eine Umsetzung dieser Erfahrungen in die virtuelle Realität übernommen und ihre prinzipielle Tragfähigkeit in Ansätzen gezeigt hat.

¹³⁶ Vgl. Arnheim, Rudolph (1980) S. 40-43

¹³⁷ Vgl. Schöne, Hermann (1980) S. 134

¹³⁸ Vgl. Schöne, Hermann (1980) S. 135

¹³⁹ Untersuchungen mit Zentrifugen sind im Zusammenhang mit dem Orientierungsverhalten des Menschen in der wissenschaftlichen Forschung sehr häufig durchgeführt wurden. Häufig werden die Wahrnehmungen bei diesen Versuchen als Illusionen gekennzeichnet, obwohl es sich dabei nicht um eine Sinnestäuschung handelt. Da sich aber beim Zentrifugieren nicht nur die Richtung der Schwerkraft, sondern auch ihre Stärke ändert, wirken sich beide Faktoren auf die Wahrnehmung aus. Für weiterführende Informationen siehe: Schöne, Hermann (1980) S. 128

¹⁴⁰ Eine ausführliche Beschreibung über die Grundlagen der Orientierung bei Mensch und Tier finden sich bei Hermann Schöne (1980). Hier sei besonders auf die einleitenden Kapitel zur Orientierung (S. 4 ff.) sowie auf die Richtungskonstanz (S. 149 ff) verwiesen

¹⁴¹ Vgl. Schöne, Hermann (1980)

¹⁴² Vgl. Baumgart, Fritz (1972) S. 301 ff.

¹⁴³ Vgl. Arnheim, Rudolf (1980) S. 170-74

¹⁴⁴ Vgl. Rother, Wolfgang (1984) S. 149-150

¹⁴⁵ Vgl. Grassi, Ernesto et al. (1969) S. 35-36

¹⁴⁶ Vgl. Arnheim, Rudolf (1980) S. 177

¹⁴⁷ Vgl. Krier, Rob (1989) S. 72

¹⁴⁸ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 31. Siehe dazu auch Kapitel 3.3.6 Darstellungsraum. Hier wird die Bedeutung der Materialität für den architektonischen Raum hergeleitet

¹⁴⁹ Vgl. Meisenheimer, Wolfgang (1964) S. 320

¹⁵⁰ Vgl. Joedicke, Jürgen (1985) S. 18

¹⁵¹ Vgl. Meisenheimer, Wolfgang (1964) S. 263

¹⁵² Meisenheimer, Wolfgang (1964) S. 264

¹⁵³ Meisenheimer, Wolfgang (1964) S. 264

¹⁵⁴ Vgl. Zevi, Bernd (1957) S. 22 ff

¹⁵⁵ Arnheim, Rudolf (1980) S. 99

¹⁵⁶ Vgl. Arnheim, Rudolf (1980) S. 107

¹⁵⁷ Ulrich, Ivan in: Baier, Franz Xaver (1996) S. 55

¹⁵⁸ Vgl. Van der Laan, Dom (1992) S. 19

¹⁵⁹ Van der Laan, Dom (1992) S. 19

¹⁶⁰ Van der Laan, Dom (1992) S. 38

¹⁶¹ Vgl. Grütter, Jörg Kurt (1987) S. 71-72

¹⁶² Norberg-Schulz, Christian (1980) S. 25

¹⁶³ Vgl. Ching, Francis D. K. (1986) S. 28

¹⁶⁴ Vgl. Joedicke, Jürgen (1985) S. 23-24

¹⁶⁵ Van der Laan, Dom (1992) S. 18-19

¹⁶⁶ Vgl. Joedicke, Jürgen (1985) S. 24

¹⁶⁷ Vgl. Rother, Wolfgang (1984) S. 25-26

¹⁶⁸ Vgl. Van der Laan, Dom (1992) S. 73

¹⁶⁹ Van der Laan, Dom (1992) S. 150

¹⁷⁰ Vgl. Grütter, Jörg Kurt (1987) S. 119

¹⁷¹ Kahn, Louis I. (1975)

¹⁷² Vgl. Grütter, Jörg Kurt (1987) S. 120

¹⁷³ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 74

¹⁷⁴ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 74

¹⁷⁵ Vgl. J. Joedicke (1985) S. 28

¹⁷⁶ Vgl. Holgado, Pablo F. (1981) *Der Eingang – Form und kulturelle Einflüsse*, (Diss.) Hannover, 1981

¹⁷⁷ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 116-118

¹⁷⁸ Vgl. Rother, Wolfgang (1984) S. 43-47

¹⁷⁹ Vgl. Bahrdt, H. P. (1961) *Die moderne Großstadt: Soziologische Überlegungen zum Städtebau*, Hamburg, 1961

- ¹⁸⁰ Vgl. Norberg-Schulz, Christian (1980) S. 37
- ¹⁸¹ Vgl. Hall, Edward (1976) S. 119 ff.
- ¹⁸² Vgl. Grütter, Jörg Kurt (1987) S. 109-111
- ¹⁸³ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 173
- ¹⁸⁴ Vgl. Günther, Norbert (1969) *Die visuelle Raumwahrnehmung*, Stuttgart, 1969
- ¹⁸⁵ Vgl. Feldkeller, Christoph (1989) S. 8
- ¹⁸⁶ Anders, Peter (1999) S. 217
- ¹⁸⁷ Vgl. Sakamura, Ken et al. (1997) S. 12
- ¹⁸⁸ Bertoli, Daniela (1997) S. 303-304
- ¹⁸⁹ Vgl. Rötzer, Florian (1997) in:
<http://www01.heise.de/tp/deutsch/inhalt/buch/2154/1.html> (Stand: 28.11.1997)
- ¹⁹⁰ Novak, Marcos (1993) in: Benedikt, Michael: Cyberspace first steps
- ¹⁹¹ Vgl. Meisenheimer, Wolfgang (1964) S. 21
- ¹⁹² Vgl. Joedicke, Jürgen (1985) S. 34
- ¹⁹³ Vgl. Muck, Herbert (1986) S. 25
- ¹⁹⁴ Vgl. Anders, Peter (1999) S. 86
- ¹⁹⁵ Unter der Simulationskrankheit ist ein Effekt zu verstehen, der zu beobachten ist, wenn sich Menschen über einen längeren Zeitraum in einer virtuellen Umgebung befinden und in dieser interagieren. Schwindelgefühl und Übelkeit werden als Symptome von den Nutzern geäußert. Beobachtet wurde dieser Effekt zuerst bei Piloten, die sich in Flugsimulatoren auf einen realen Einsatz vorbereitet haben.
- ¹⁹⁶ Der Vorgang des Zusammenwirkens der Sinne im Wahrnehmungsprozeß wird als Synästhesie bezeichnet. Darunter ist der Reiz eines bestimmten Sinnesorgans zu verstehen, der durch die Verknüpfung mit anderen Reizen im zentralen Nervensystem eine Reaktion auslöst
- ¹⁹⁷ eine ausführliche Darstellung zu haptischen Interfaces für Virtual-Reality-Anwendungen findet sich bei: Kurze, Martin: Methoden zur computergenerierten Darstellung räumlicher Gegenstände für Bilde auf taktilen Medien, Düsseldorf, 1999
- ¹⁹⁸ Rötzer, Florian in: Arch+, Aachen, Nr. 132, S. 19-22
- ¹⁹⁹ Weibel, Peter (1994) S. 39
- ²⁰⁰ Vgl. Bertol, Daniela (1997) S. 303-304
- ²⁰¹ Vgl. Anders, Peter (1999) S. 18-20
- ²⁰² Vgl. Wertheim, Margaret (2001) S. 342
- ²⁰³ Vgl. Anders, Peter (1999) S. 339
- ²⁰⁴ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 74
- ²⁰⁵ Vgl. Delfante, Charles (1999)
- ²⁰⁶ Mitchel, William in: Toy, Maggie (1995) S. 12-13
- ²⁰⁷ Vgl. Bertoli, Daniela (1997) S. 64-65
- ²⁰⁸ Vgl. Rötzer, Florian (1995) S. 34
- ²⁰⁹ Vgl. Aukstakalnis, Steve et al. (1994) S. 121 ff.
- ²¹⁰ Vgl. Bortz, Jürgen; Döring, Nicola (1995) S. 195
- ²¹¹ Beim Randomisieren wird die Stichprobe nach dem Zufallsprinzip in zwei (oder mehrere) Gruppen aufgeteilt. Ein häufig verwendetes Prinzip bei der Aufteilung von Versuchspersonen auf zwei Gruppen ist, zwei Versuchspersonen gleichzeitig mit dem Zufallsprinzip aufzuteilen. Dafür wird eine Zufallszahl erzeugt und folgende Regel für die Versuchspersonen formuliert: Wenn die Zufallszahl gerade ist, dann kommt die nächste Versuchsperson in die erste Gruppe und die übernächste in die zweite Gruppe. Sollte die Zufallszahl ungerade sein, dann erfolgt die Verteilung umgekehrt.
- ²¹² Aus Gründen der Polarisierung wurde in den Fragebögen ein Skalenbereich zwischen den Werten -3 und +3 gewählt. Für die statistische Auswertung wurde dann der Skalenbereich von -3 bis +3 in die Werte 1 bis 7 umgerechnet. Dieses gilt für die in Kapitel 5.2 (Abb. 42, Abb. 43), Kap. 5.3 (Abb. 54, Abb. 55) und Kap. 5.4 (Abb. 61, Abb. 62) dargestellten Ergebnisse in den Tabellen.

- ²¹³ Golledge, R. G. (1987) Environmental Cognition in: D. Stokols und I. Altmann (Hrsg.) *Handbook of environmental psychology* (S. 131-174) New York
- Siehe dazu auch: Mc Donald, T. P. & Pellegrino, J. W. (1993) *Psychological perspectives on spatial cognition*. In: T. Gärling & Golledge, R. G. (Hrsg.) *Behaviour and Environment: Psychological and geographical approaches* (S. 47-82), Amsterdam
- ²¹⁴ Diese Annäherung korrespondiert mit interdisziplinübergreifenden Anstrengungen der Entwicklung von theoretischen Ansätzen zur Kodierung von Rauminformationen in der Biologie, der Ethologie, der Neuropsychologie und in der Informatik.
- ²¹⁵ Siehe: <http://www.kyp.tuebingen.mpg.de>
- ²¹⁶ Vgl. Riecke, Bernhard, E. (2003) *How far can we get with just visual information? Path integration and spatial updating studies in virtual reality*, (Diss.) Tübingen, 2003
- ²¹⁷ Siehe dazu auch: Freksa, C., Brauer, W., Habel, C., & Wender, K. F. (Hrsg.) (1998) *Spatial Cognition – An interdisciplinary approach to representing and processing spatial knowledge*, Berlin, 1998
- Freksa, C., Brauer, W., Habel, C., & Wender, K. F. (Hrsg.) (2000) *Spatial cognition II – Integrating abstract theories, empirical studies, formal methods and practical applications*, Berlin, 2000
- Freksa, C.; Habel, C.; & Wender, K. F. (Hrsg.) (2003) *Spatial cognition III*, Berlin, 2003
- ²¹⁸ Siehe dazu auch: Mittelstaedt, H & Mittelstaedt, M. L.. (1982) Homing py path integration, In: F. Papi & H. G. Wallraf (Hrsg.), *Avian navigation* (S. 290-297), Berlin
- ²¹⁹ Loomis, J. M.; Klatzky, R. L.; Golledge, R. G.; Cicinelli, J. G.; Pellegrino, J. W. & Frey, P. A. (1993): Non visual navigation by blind and sighted: Assessment of path integration ability. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122 (S.73-91)
- ²²⁰ May, M, Wartenber, F., Pèruch, P. (1997) Raumorientierung in virtuellen Umgebungen. In: R. H. Kluwe (Hrsg.) *Strukturen und Prozesse intelligenter Systeme*, Wiesbaden
- ²²¹ Brauer, W.; Freska, C.; Habel, C & Wender, K. F. (1995). Raumkognition: Repräsentation und Verarbeitung räumlichen Wissens. Vorschlag zur Einrichtung eines DFG-Schwerpunktprogramms
- ²²² Unter voll-immersiven Umgebungen ist zu verstehen, daß der Nutzer durch eine Datenbrille oder einen Cave (engl. Höhle, ein aus vier bis sechs Projektionswänden bestehender Raum, auf dem die virtuelle Umgebung projiziert und mit Hilfe einer Brille vom Nutzer wahrgenommen wird) vollständig von der virtuellen Bildprojektion umschlossen ist und ihm die Blickmöglichkeit zur äußeren Umgebung genommen wird.
- ²²³ Die architektonische Umwelt des Menschen ist in der Regel in vertikaler und horizontaler Ausdehnung gegliedert. Ein alltäglicher Vorgang ist die Ausrichtung an der Vertikalen. Wenn ein Mensch feststellt, daß sich ein Gegenstand in seiner Umgebung in einer schrägen Position zu seiner vertikalen Körperachse befindet, beurteilt er die Ausrichtung der Sehdinge zur Vertikalen. Ein Raum, der durch nur nicht orthogonale Bezugslinien gekennzeichnet ist, kann beim Menschen eine Art Schwindelgefühl hervorrufen bzw. zum Gleichgewichtsverlust führen. Mit Hilfe des Experiments soll gleichzeitig untersucht werden, ob dieser Aspekt auch in die virtuelle Architektur übertragen wird.
- ²²⁴ Vgl. Schöne, Hermann (1980) S. 134 ff.
- ²²⁵ Rötzer, Florian (1999)
<http://www.ct.heise.de/tp/deutsch/special/arch/6068/5.html>
(Stand: 28.08.1999)
- ²²⁶ Vgl. Salzmann, Dieter (1986) S. 74
- ²²⁷ Lynn, Greg (1994) *Leicht und Schwer*, in: Arch+ 124/125, Aachen, 1994, S. 41
- ²²⁸ Vgl. Toy, Maggie (1995) S. 23